M = 1 e a eficiência de repartição é + 100%; quando M = L, T é 0; e quando não há depósito no eléctrodo mais distante, M = ∞ e T é − 100%.

Deve insistir-se em que um valor numérico para o poder de distribuição não tem sentido a não ser que todos os factores estejam definidos, incluindo o tamanho da célula e dos eléctrodos, a relação de distribuição da corrente primária, a composição da solução e a densidade de corrente média.

Tendo estabelecido que a eficiência de distribuição proporciona um método exacto de análise quantitativa dos electrólitos, diversas técnicas experimentais foram projectadas para a sua medição:

*Célula de Haring - Blum.*

É de longe o método mais usado na obtenção das eficiências de distribuição dos electrólitos. A cédula da qual acima se deram alguns detalhes, está esquematizada na figura 8. A distribuição da corrente primária pode ajustar-se por simples alteração das distâncias entre os dois cátodos e o ânodo perfurado. Em cada cátodo a densidade de corrente é uniforme. Enche-se a célula com o electrólito até uma altura determinada, e a corrente que a atravessa mede-se num amperímetro que nos indica a densidade de corrente média. Pesam-se os dois cátodos antes e depois do teste para determinar as quantidades depositadas, a partir das quais se cálcula M. A eficiência de distribuição obtém-se directamente substituindo os valores de M numa das fórmulas referidas acima.

Fig. 8 — Célula de Haring — Blum para a determinação da eficiência de distribuição de um electrólito.

Nas suas experiências Haring - Blum admitiram que:

a) A polarização catódica é desprezável relativamente à queda de potencial no electrólito, e

b) A eficiência catódica é 100%.

Este tipo de célula é muito simples e de obtenção barata e a determinação das variações de peso pode fazer-se com muita precisão.

Uma série de testes, a várias densidades de corrente, pode fazer-se muito depressa não precisando o depósito de ser retirado do metal base depois de cada teste individual, como acontece, por exemplo, no caso do teste do cátodo cilíndrico referido adiante. Atendendo ao facto de que passa mais corrente na região entre o ânodo e o cátodo mais próximo que no outro compartimento, a solução electrolítica no primeiro aquece mais. Esta diferença de temperatura, se a resistividade da solução e a densidade de corrente são altas, é suficiente para alterar o valor de T. Braund (7) sugere uma correcção baseada nas temperaturas dos dois compartimentos. Contudo, com a célula de Haring - Blum que é pequena, compacta e fàcilmente manejável, é mais fácil transferir parte da solução de um compartimento para o outro, para homogeneizar a temperatura.

*Método de Field*

Field (7) sugeriu uma modificação em que as duas partes do cátodo estão do mesmo lado do ânodo, feitas de chapa metálica (figura 9).

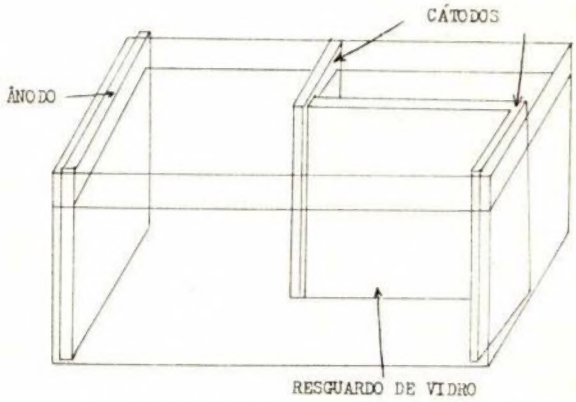



Fig. 9 — Célula de Field para a determinação da eficiência de distribuição de um electrólito.

As distâncias $l_1$ e $l_2$ podem ajustar-se de forma a obter-se o valor requerido para a relação de distribuição da corrente primária, e as determinações dos aumentos de peso nos cátodos mais próximo e mais afastado, quando substituidos na equação (iii), darão a eficiência de repartição.

*Método da célula de Hull*

Usando a célula de Hull (8) em que o cátodo é inclinado em relação ao ânodo, obtém-se uma variação contínua da densidade de corrente na superfície catódica (figura 10).

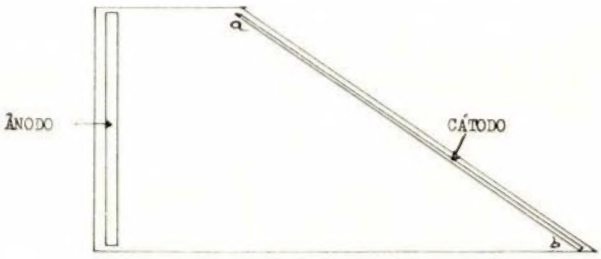



Fig. 10

A densidade de corrente é máxima no ponto (a) e mínima no ponto (b). Consequentemente deposita-se mais metal no ponto (a) que no ponto (b) A célula de Hull padrão tem a capacidade de 267 ml, e um cátodo com o comprimento de 10,2 cm. O cátodo é colocado na

# vamos ser ainda mais conhecidos!

O certo é que contribuimos para que um sem número de produtos e serviços básicos vos cheguem às mãos eficientemente.

A luz eléctrica, o gás, a gasolina, os óleos, o aço, o cimento, o papel e até o próprio avião estão de certa forma ligados à nossa empresa. É que ajudamos a construir e a criar indústrias e serviços de base.

Para o grande público talvez sejamos anónimos, mas para o desenvolvimento industrial do país somos indispensáveis.
E porque servindo eficientemente o país também o servimos a si,
gostaríamos que nos conhecesse melhor.

**Sabia por exemplo que construimos a maior parte dos enormes alternadores que produzem a energia eléctrica de Portugal?
E doravante sempre que em sua casa acender uma luz...
talvez se lembre do nosso nome.**

**Sepsa**

servindo eficientemente o país, também o servimos a si...

**Sepsa**

SOCIEDADE DE CONSTRUÇÕES ELECTROMECÂNICAS, S.A.R.L.

TELEFS. 951616 (10 LINHAS)

APARTADO, 8 - LEÇA DO BAILIO - TELEX: SEPSA P 2616

parede inclinada a 39° e o ânodo ocupa a parede oposta. O tratamento simplificado da distribuição das linhas de corrente no cátodo inclinado de uma célula de Hull padrão permite escrever:

$$i = (5{,}10 - 5{,}24 \log l)\, I \qquad \text{(iv)}$$

onde,

i = densidade de corrente ao longo da linha central do painel revestido no ponto P (figura 11) em Ampéres/ /dm².

l = distância em cm entre o ponto P e o extremo onde a densidade de corrente é máxima.

I = corrente total que atravessa a célula, em ampéres.

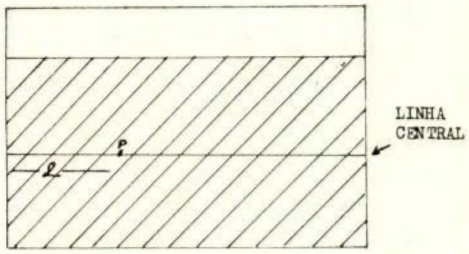



Fig. 11

A equação (iv) calcula-se a partir da distribuição da corrente primária, isto é considerando que a polarização catódica é desprezável, e o seu domínio só é válido para valores de l entre 6,40 mm e 82,6 mm.

Quando o electrólito tem características de polarização peculiares a expressão é modificada. Investigações recentes levadas a cabo por Watson (9) e Rousselot (10) conduziram a valores diferentes para as «constantes»:

Segundo Watson $i = (4{,}08 - 3{,}96 \log l)\, I$ (v)

Segundo Rousselot $i = (3{,}96 - 3{,}88 \log l)\, I$ (vi)

Como se vê, a expresão exacta da distribuição da corrente no cátodo de uma célula de Hull tem dado origem a alguma controvérsia.

Todavia, o valor da eficiência de distribuição de um electrólito pode ser calculado admitindo a hipótese de que uma das fórmulas mencionadas permite medir com precisão a distribuição de corrente primária. Assim por exemplo, usando a fórmula de Field, equação (iii), com P = 5, calcula-se a distância entre dois pontos P e Q do cátodo da célula de Hull que darão uma distribuição de corrente de 5 : 1. Se P e Q estão às distâncias $l_1$ e $l_2$, respectivamente, da extremidade onde a densidade de corrente catódica é máxima:

Em P $\quad i_1 = A + B \log l_1$

Em Q $\quad i_2 = A + B \log l_2$

onde A e B são constantes.

A distância PQ deve ser tal que $i_1 = 5\, i_2$

Por conseguinte por substituição e subtracção:

$$\log \frac{(l_2)^5}{(l_1)} = -\frac{4\,A}{B}$$

Se $l_1 = 1$ cm

$$\log\ (l_2)^5 = -\frac{4\,A}{B}$$

Substituindo os valores de A e B dados pela equação (iv),

$$l_2 = 6{,}0 \text{ cm}$$

Sendo possível medir a espessura local nos pontos P e Q, por exemplo com um indicador coulométrico fàcilmente se encontra a relação de distribuição do metal:

$$M = \frac{\text{espessura em } l_1}{\text{espessura em } l_2},$$

e então obtém-se o valor do poder de repartição do electrólito.

A principal limitação no uso da célula de Hull para a determinação da eficiência de distribuição é a incerteza dos valores das constantes na expressão da distribuição de corrente. Para obter uma valor correcto da eficiência, a posição exacta dos pontos PQ, referidos acima, deve ser conhecida. Desvantagens adicionais resultam dos métodos que dispomos para a determinação da espessura local serem menos precisos que o método de pesagem usado com a célula de Haring - Blum, e da operação completa requerer mais tempo.

Outro método, ainda que pouco usado, é aquele em que um electrorevestimento é deposto num pequeno cátodo cilíndrico. A relação entre as quantidades depositadas dentro e fora determina-se por pesagem, depois de retirar os depósitos interno e externo separadamente. Neste teste, a distribuição de corrente primária é desconhecida e grande precaução deve ser tomada durante a operação de remoção dos electrodepósitos.

## BIBLIOGRAFIA


1 — SIZELOVE, O. J., Monthly Rev. Am. Electroplater's Soc., vol 16, p. 15 (1929).

2 — ONITSCHENKO, A., Z. Elecktrochem, vol. 39, p. 815 (1933).

3 — PAN, L. C., Metal Industry, (N. Y.), vol 28, p. 271 (1930).

4 — HARING, H. E. e BLUM, W., Trans, Am. Electrochem, Soc., vol. 44, p. 313 (1923).

5 — HEATHLEY, Trans. Electrochem, Soc., vol. 44, p. 283 (1923).

6 — FIELD, S., J. Electrodep. Tech Soc., vol. 7, p. 83 (1932).

7 — BRAUND, B. K., J. Electrodep. Tech. Soc., vol 7, p. 19 (1931).

8 — HULL, R. O., Proc. Am. Electroplater's Soc., p. 59 (1939).

9 — WATSON, S. A., Trans Inst. Metal Finish., vol, 37, p. 28 (1960).

10 — ROUSSELOT, R. H., Metal Finishing, vol. 57, p. 56 (1959).

# FEIRAS, CONFERÊNCIAS, EXPOSIÇÕES E CURSOS NO MUNDO

| OBJECTIVO E PROGRAMA | LOCAL, DATAS, ORGANIZAÇÃO INFORMAÇÕES |
|---|---|
| Symposium on practical aspects of heat treatement | Coventry, 2 Março-72<br>Lanchester Polytechnic, Priory St., Coventry, CV1 5FB, Inglaterra |
| Colloque International sur composants éléctroniques de haute fiabilité | Toulouse, 6-10 Março<br>C. N. E. S. — Division des Relations Uneversitaires<br>129, rue de l'Université Paris, (7') France |
| Colóquio sobre a difusão inelástica de neutrões | Grenoble, 6 - 10 Março-72<br>AIEA, Viena |
| A organização de empresas e de estaleiros de construção civil | Lisboa, 6 - 10 e 13 - 15 Março-72<br>INII |
| Conférences du Centre d'études supérieures<br>Tema:<br>Calcul Pratique des Arcs de Grande Portée | Paris, França — 7-Março-72<br>7, rue La Pérous, Paris XVI$^{e}$, Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics |
| Feira da Primavera de Leipzig | Leipzig, 12 - 21 Março - 72 |
| A criação de modelos para a produção industrial (Industrial Design) | Lisboa, 13 - 14 Março - 72, COPRAI |
| National Heating, Refrigeration & Air Conditioning Show | Toronto. 13-15 Março-72<br>6205 Airport Rd. Malton — Ontário Canadá |
| Physics Exhibition 1972<br>Tema:<br>Últimos conceitos em instrumentos científicos | Londres, 1313-16 Março-72<br>47 Belgrave SQ. London SW, 1×8QX, Inglaterra |
| Protecção de materiais metálicos | Lisboa, 13 - 16 Março - 72, COPRAI |
| Conférences du Centre d'études supérieures<br>Tema:<br>Techniques Nouvelles dans l'exécution des Galeries au Rocher | Paris, France 14-3-72<br>7, Rue La Pérouse Paris, Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics |
| Acoustics emission | Londres, 14 Março 1972,<br>Dr. A. A. Poliock, Cambridge Consultants, Bar Hill, Cambridge CB 3 8 E Z, Inglaterra |
| 11.ª Didacta<br>Feira Europeia de Material Didáctico-72 | Hannover, 14-18 Março-72<br>Câmara de Comércio e Indústria Luso-Alemã, Av. Elias Garcia, 123 4.º, Lisboa-1, Telef. 77 25 87 - 77 81 68 |

C. D. U. 532.526.4

# ENSAIOS EM CAMADA LIMITE TURBULENTA AO LONGO DUMA PLACA PLANA COM GRADIENTE DE PRESSÃO NULO

por A. COMPRIDO e A. LEITE
Laboratório de Física e Engenharia Nucleares

SUMÁRIO

*Apresentam-se os resultados obtidos numa série de ensaios no túnel de camada do N. E. E. M. Determinam-se os perfis de velocidade em várias estações ao longo do troço de saída do túnel, junto à placa que constitui a parede inferior. Em particular, procurou-se determinar a influência de sucção e de dois agentes de turbulência (lixa de madeira de larguras diferentes) no tipo de perfil.*

*Conclui-se que o efeito de sucção é sensìvelmente variável para $l \leq 1$ cm e a utilização dos agentes de turbulência permite obter perfis mais desenvolvidos para os mesmos valores de x.*

SYNOPSIS

*The results of some experiments in the boundary layer wind tunnel of the N. E. E. M. are reported. The velocity profiles are determined along several stations in the working section of the tunnel, near the lower flat plate. Particulerly were investigated the influence of suction and two different turbulence agents (sand paper trips) on velocity profiles.*

*We found that the effect of suction varies to $l \leq 1$ cm and the use of turbulence agents permits to obtain more developed profiles for the same value of x.*

AGRADECIMENTO

Ao Prof. Delgado Domingos agradecemos a cedência do túnel aerodinâmico e aparelhagem acessória.

Aos Engenheiros A. Marrecas e M. Nina agradecemos a colaboração prestada respectivamente na correcção dum programa Fortran e na sugestão dos agentes de turbulência a utilizar e cedência dos resultados de anteriores ensaios.

Ao Dr. Marciano Silva agradecemos os esclarecimentos prestados para a utilização do computador PDP-15 do L. F. E. N.

## 1 — INTRODUÇÃO

Neste relatório apresentam-se os resultados de ensaios efectuados no túnel aerodinâmico de camada limite do Núcleo de Estudos de Engenharia Mecânica. Pretendia-se com estes ensaios conhecer as características da camada limite na zona de ensaio do túnel, de modo a poder-se projectar um novo troço de saída com curvatura longitudinal.

Em particular, interessava conhecer a distância do bordo de ataque da placa (que constitui a parte inferior da zona de ensaio actual), a partir da qual a camada limite se pode considerar turbulenta e a influência de alguns agentes de turbulência, a experimentar, naquela distância e na espessura da camada limite.

Verificou-se posteriormente que as condições do escoamento eram significativamente infuenciadadas pela abertura ou fecho da janela de sucção (figura 2). Achou-se por isso conveniente estender os ensaios à determinação daquela influência, procurando-se encontrar a posição da janela em que a camada limite com origem no bordo de ataque da placa não vem afectada pela sucção

## 2 — DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

O túnel utilizado é do tipo aberto, com a zona de ensaio a juzante dum ventilador EFACEC 10 AH (9 700 $m^3/h$ a 25 mm de $H_2O$) movido por um motor EFACEC de 10 Cv.

A sua descrição pormenorizada é apresentada em [1]. A figura 1 mostra a montagem do conjunto. O

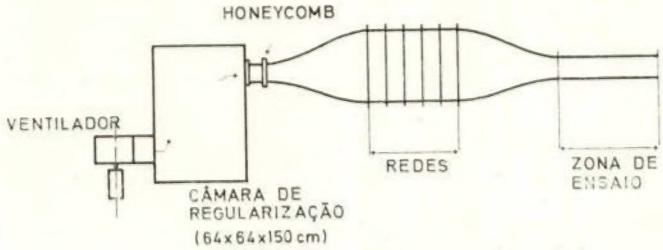



Fig. 1 — Montagem do conjunto

(*) Recebido na redacção em 1-4-1971

troço de ensaio dispõe de um tecto ajustável por rotação em torno da charneira A (figura 2), o que permite regular, até certo ponto o gradiente de pressão ao longo da zona de ensaio. A secção normal ao escoamento à saída do túnel tem dimensões 24 × 16 cm e à entrada da placa 24 × 15,5 cm. As paredes, placa e tecto da zona de ensaio são de perspex, permitindo observar a posição do tubo de Pitot. O bordo de ataque da placa é de aço inoxidável e esta possui tomadas de pressão estática ao longo do eixo, espaçadas de 12,5 cm e com as dimensões indicadas na figura 3. O tecto da zona de ensaio possui um rasgo longitudinal para montagem da aparelhagem de medida, com cerca de 1 cm de largura.

bordo de ataque de 11 cm e 5 cm, respectivamente.

A leitura das pressões total e estática foi feita num multimanómetro de 61 tubos, sendo para cada perfil apenas utilizados dois contíguos. A inclinação foi medida apoiando nos próprios tubos um inclinómetro graduado em quarentavos de grau.

Para a determinação das propriedades do ar, mediu-se a temperatura no escoamento, por meio de um termómetro graduado em décimos de grau centígrado, e colocado a uma distância do bordo de ataque da placa de 120 cm. Mediu-se também a pressão atmosférica utilizando um barómetro de mercúrio. Nalguns ensaios foi igualmente medida a humidade do ar.

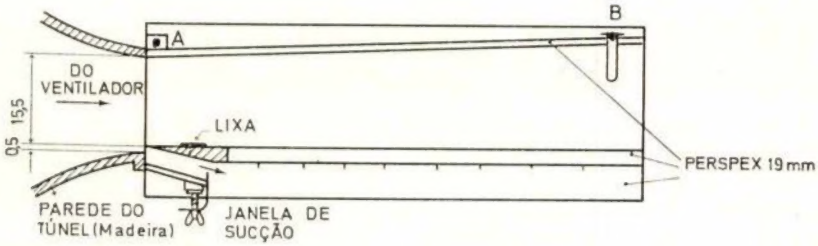



Fig. 2 — Zona de ensaio

Durante o funcionamento do túnel o rasgo foi tapado com fita adesiva, na qual se abriram apenas os furos necessários à inserção do Pitot nas secções em que foram medidos os perfis de velocidade.

O tubo utilizado para medir a pressão total, de aço inox com um diâmetro exterior de aproximadamente 1 mm, foi fixado a um micrómetro com uma escala de centésimos de milímetro. A posição de encosto do tubo à parede foi determinada visualmente, dado que o objectivo principal era a comparação dos tipos de perfis nas várias condições. A imprecisão na determinação daquela posição foi, no entanto, estimada em 0,10 mm, fazendo sucessivas determinações. O atravessamento da camada limite fez-se sempre só num sentido em cada perfil (ou a partir da parede ou em direcção à parede) de modo a evitar incorrecções na determinação da distância à parede, devidas à folga do micrómetro.

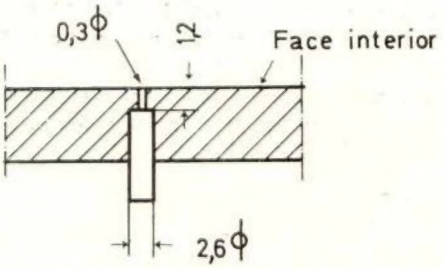



Fig. 3 — Tomada de pressão estática

A regulação da velocidade do escoamento foi feita por estrangulamento do caudal à saída da câmara de regularização. Os agentes de turbulência utilizados foram tiras de lixa de madeira n.º 1 com larguras de 2,5 cm e 7,5 cm, coladas com araldite à placa, a uma distância do

## 3 — APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os valores obtidos durante os ensaios realizados foram tratados por intermédio dos programas apresentados em apêndice, escritos em Fortran IV e passados no computador PDP - 15 do L. F. E. N., de cujos resultados nos servimos para as representações gráficas que constam das figuras 4 a 11.

As linhas de coeficiente de atrito $c_f$ constante que aparecem nas figuras 4 a 9 (representação de Clauser) foram obtidas a partir da expressão para o lei universal [2]

$$\frac{U}{U_\tau} = \frac{1}{0{,}41} \ln \left[ 7{,}7 \left( y \frac{U_\tau}{\nu} \right) \right]$$

sendo

$$C_f = \frac{\tau_0}{\frac{1}{2} \rho U_\infty^2} = 2 \left( \frac{U_\tau}{U_\infty} \right)^2$$

Para a determinação dos perfis ($U^+$, $Y^+$) calculou-se $\tau_0$ a partir dos valores de $C_f$ obtidos gràficamente, interpolando entre as linhas de $C_f$ constante.

A integração dos perfis foi feita pelo método dos trapézios e o mesmo programa serviu para calcular, além da espessura deslocada e da espessura do momentum, a espessura da energia e os factores de forma, embora não sejam utilizados no presente trabalho.

### *3.1. — Comparação com experiências anteriores*

Os resultados de maior confiança de anteriores ensaios no mesmo túnel, foram obtidos por M. Nina [3].

**Plessey Automática Eléctrica Portuguesa**
**S. A. R. L.**

**Fabricante de Material Telefónico, Telecomunicações e Sinalização de Trânsito**

**Administração, Fábrica e Escritórios:**
Avenida Infante D. Henrique, 333 — Lisboa
Telefone 31 31 71
Apartado 1060 — Telegramas: PLESSEY
TELEX 1190 PAEP P

**DELEGAÇÕES:**

**Norte** — Rua Gonçalo Cristóvão, 140 - 2.º Esq.
Porto — Telef. 3 39 26 - 38 01 38

**Angola** — Avenida General Carmona, 70/70 - A
Luanda - Angola — Caixa Postal 6853
Telefone 2 36 21

**Moçambique** — Rua da Electricidade, 4
Lourenço Marques - Moçambique
Caixa Postal 2686, Telefone 2 56 18

**HIDREL**

**TÉCNICA DE HIDRÁULICA E DE ELECTRICIDADE, LDA.**

Grupos moto e electro-bomba
Grupos electro-bomba submersíveis
Grupos de eixo vertical «JOHNSTON»
Contadores para líquidos «LANGE»
Aparelhagem de medida «METRIMPEX»
Motores Eléctricos
Hidro-injectores
Válvulas e torneiras
Manómetros e Vacuómetros «HAENNI»
Rega por aspersão

**ASSISTÊNCIA TÉCNICA**

Rua do Alecrim, 47-A-B — Rua do Lumiar, 113
Telefs. 32 57 00 - 3 59 66 LISBOA Telef. 79 03 55

Av. Visconde Valmor, 76-1.º - Tel. 766014 (7 linhas) Lisboa-1

**EQUIPAMENTO DE TELECOMUNICAÇÕES**

**PORTÁTEIS - FIXOS - PARA VIATURAS**

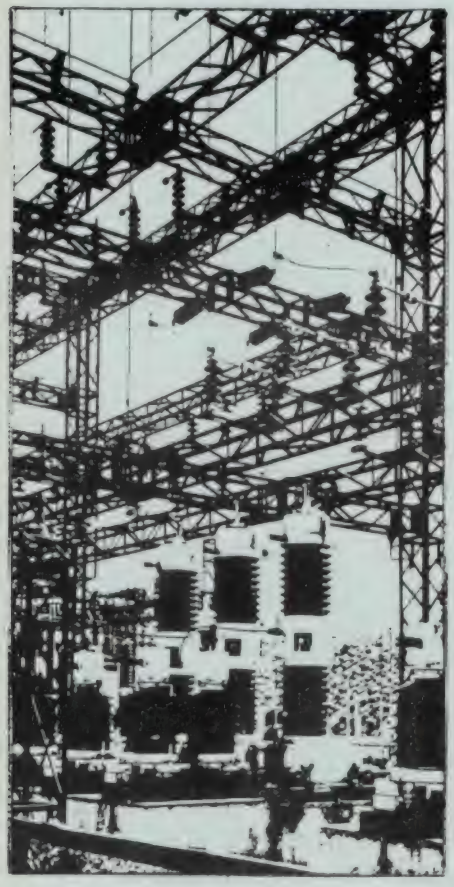
**CITIZENS BAND**
**WALKIE TALKIES**
**V.H.F. / F.M.**
**CHAMADA SELECTIVA**

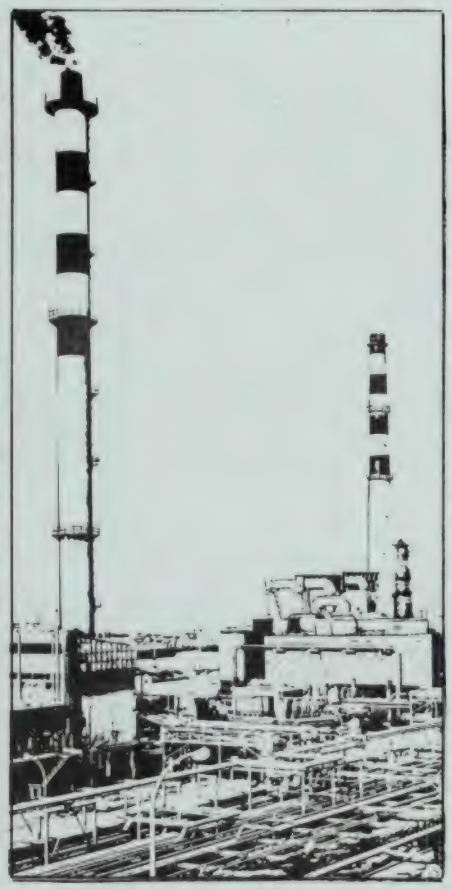
**VASTA GAMA DE ANTENAS E ACESSÓRIOS**

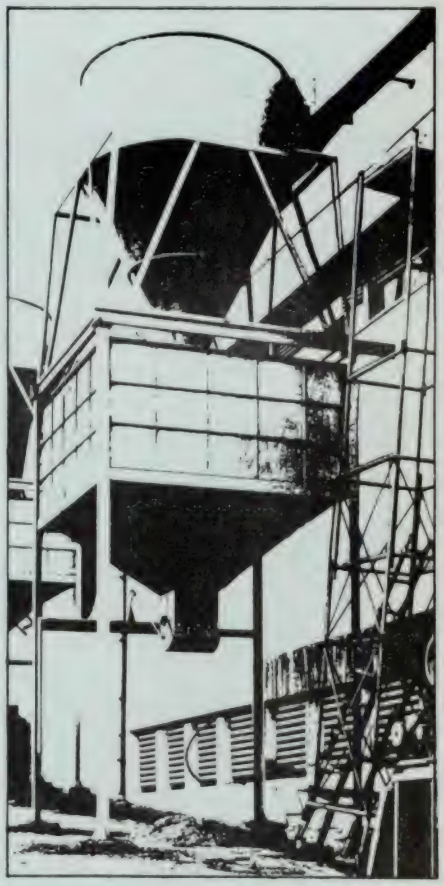
EM EXPOSIÇÃO NO SALÃO DE VENDAS DOS REPRESENTANTES
**MENDES DE ALMEIDA, S.A.R.L.**
AVENIDA 24 DE JULHO, 52-C — LISBOA — TELEFS. 66 77 94/8

# EFACEC

## estudo projecto e realização de instalações eléctricas industriais







# EFACEC

## A MAIOR ORGANIZAÇÃO DO PAÍS NO RAMO ELECTROTÉCNICO

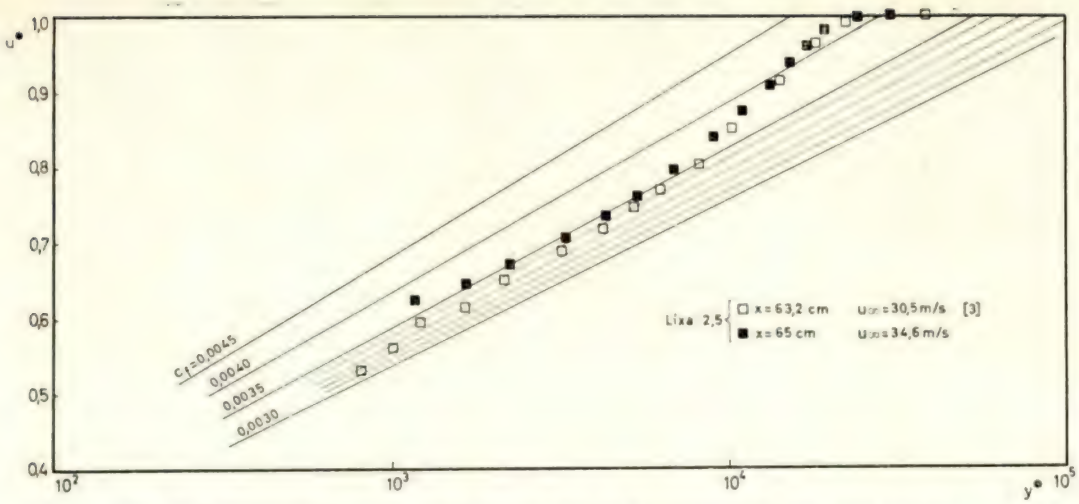



Fig. 4 — Comparação dos resultados obtidos com os apresentados em [3] (com sucção)

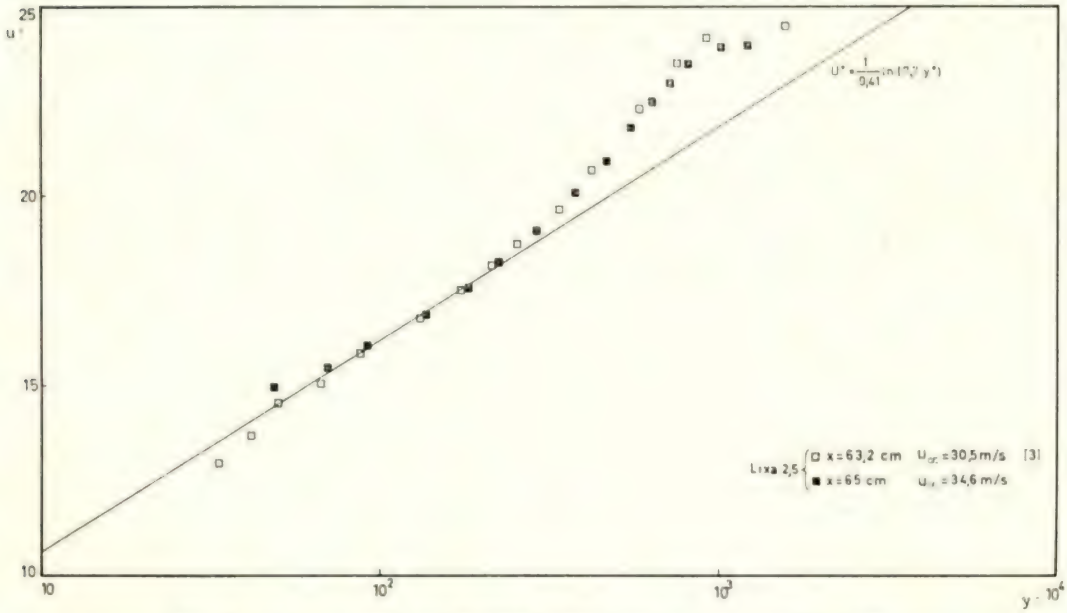



Fig. 4 a — Comparação dos resultados obtidos com os apresentados em [3]

Como os valores de x e as velocidades nesses ensaios são diferentes das nossas, considerámos mais significativo comparar um dos perfis obtidos em termos das coordenadas de Clauser e das da representação universal.

Assim na figura 4 apresentamos a comparação, em termos de $U^*$, $y^*$ entre as secções x = 63,2 cm [3] e x = 65 cm com velocidades, respectivamente de $U_\infty$ = 30,5 m/s e 34 m/s. O agente de turbulência usado em ambos os casos é a tira de lixa de 2,5 cm.

Verifica-se uma razoável concordância, dentro da precisão dos ensaios, entre os dois perfis. Há porém a ressalvar o facto de não se conhecer exactamente a posição da janela de sucção no caso dos ensaios descritos em [3]. A concordância no caso da representação universal (figura 4 a) mantém-se, como seria de esperar.

### *3.2. — Influência dos agentes de turbulência*

Na figura 5 estão representados os perfis nas secções x = 29 — 27,5 cm, x = 65 cm e x = 90 cm, usando os vários agentes de turbulência. Verificamos que nas primeiras secções é evidente a influência do agente de turbulência usado, pois os três perfis obtidos são completamente distintos. Para x = 90 cm já não se nota diferença entre os dois tipos de lixa. Nesta secção não dispomos de perfil para o caso em que não se usa agente de turbulência. Para x = 65 cm verificamos que não é tão grande a diferença entre a acção dos dois tipos de lixa, enquanto os três perfis se aproximam.

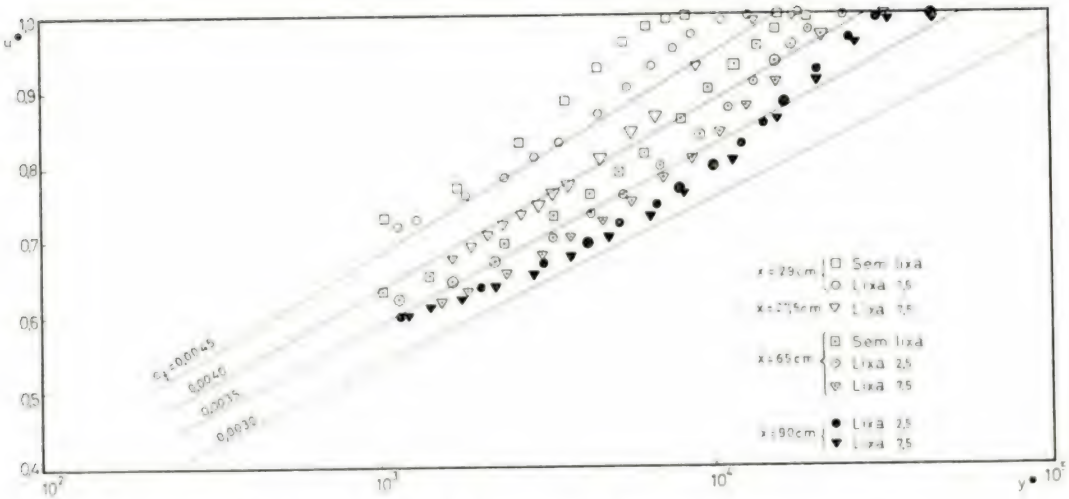



Fig. 5 — Influência dos agentes de turbulência no perfil de velocidades com sucção

Todos estes perfis foram obtidos com a janela de sucção meia aberta (l = 1 cm), que mostraremos adiante ser a posição mais recomendável. $U_\infty$ está compreendido entre 30,5 m/s e 34,8 m/s.

A figura 6 ilustra a influência do agente de turbulência, mas considerando a janela de sucção fechada.

Verificamos que, neste caso, todos os perfis se encontraram muito mais próximos do perfil estabelecido, o que se deve justificar pelo facto de a camada limite ter início antes do bordo de ataque da placa. No parágrafo seguinte vamos tentar aprofundar esta questão.

cm os perfis para as duas posições da janela se confundem.

Nas figuras 8-A e 8-B comparamos os perfis obtidos nas várias secções, usando a lixa de 2,5 cm, considerando a janela de sucção respectivamente meia aberta e fechada. Enquanto no 1.° caso os perfis são completamente distintos, no 2.° caso quase se confundem, o que significa que o regime turbulento está pràticamente estabelecido. Concluímos pois que o facto de termos a janela de sucção fechada, pesa bastante no desenvolvimento da camada limite. Nas figuras 8-C e

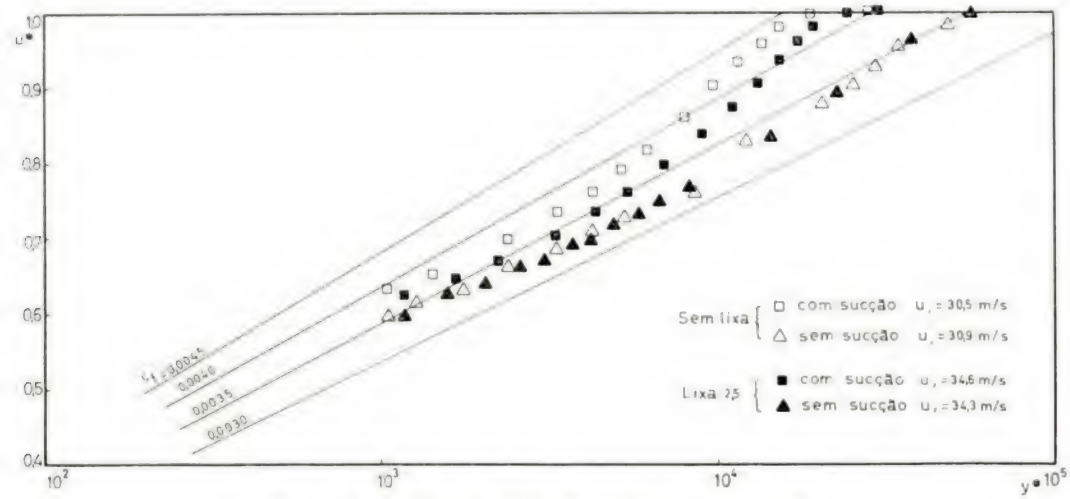



Fig. 6 — Influência do agente de turbulência sem sucção

### *3.3. — Influência da sucção*

Na figura 7 procurou-se mostrar o efeito da abertura da janela de sucção, para as posições de meia aberta (l = 1 cm) e completamente aberta (l = 2 cm), usando a lixa de 7,5 cm. Podemos verificar que apenas na secção x = 27,5 cm se nota uma pequena diferença nos perfis obtidos, enquanto para x = 65 cm e x = 90

8-D faz-se a mesma comparação em termos da representação universal.

Na figura 9 comparamos ,para a secção x = 65 cm os efeitos da janela de sucção estar meia aberta ou fechada, não usando agente de turbulência ou com a lixa de 2,5 cm. Podemos verificar que em qualquer dos casos a diferença é notória, especialmente no caso em que não se usou agente de turbulência, como era de esperar.

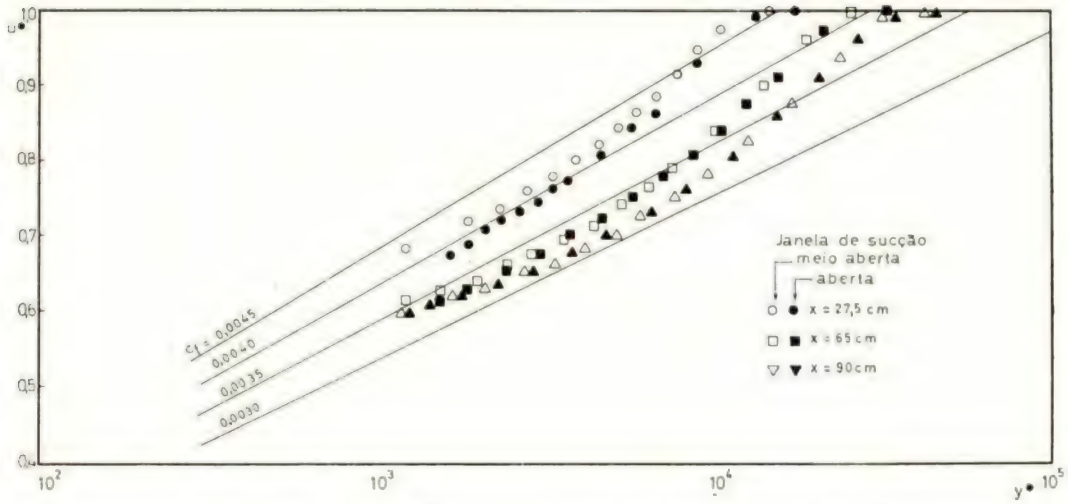



Fig. 7 — Efeito da sucção para 1 cm (lixa 7,5 cm, U 32 m/s)

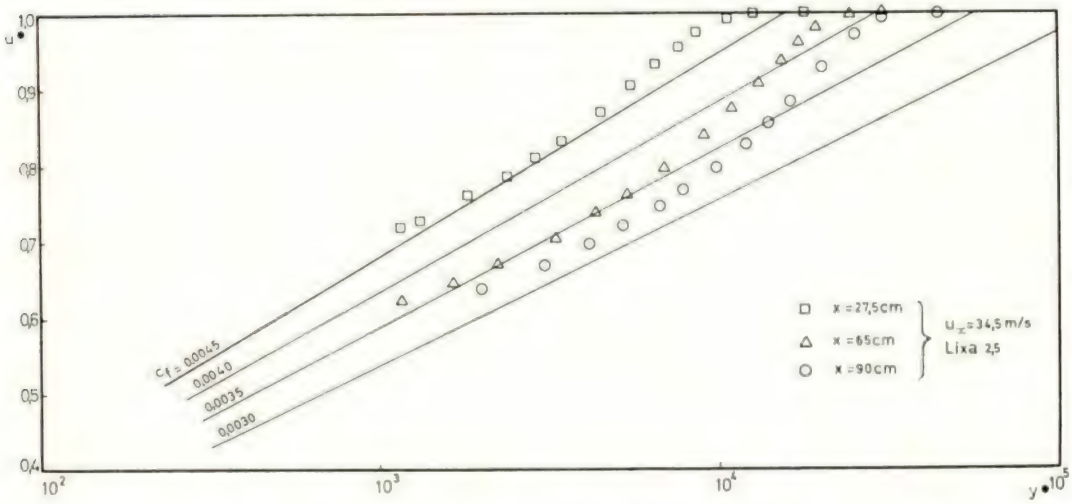



Fig. 8 A — Perfis de velocidade com a janela de sucção meio aberta (ver fig. 8 B)

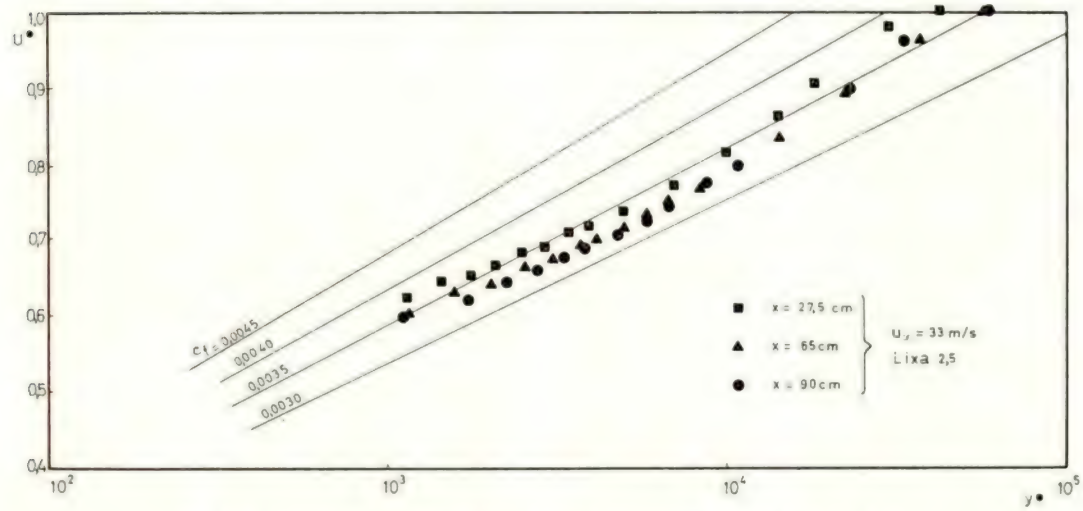



Fig. 8 B — Perfis de velocidade com a janela de sucção fechada (ver fig. 8 A)

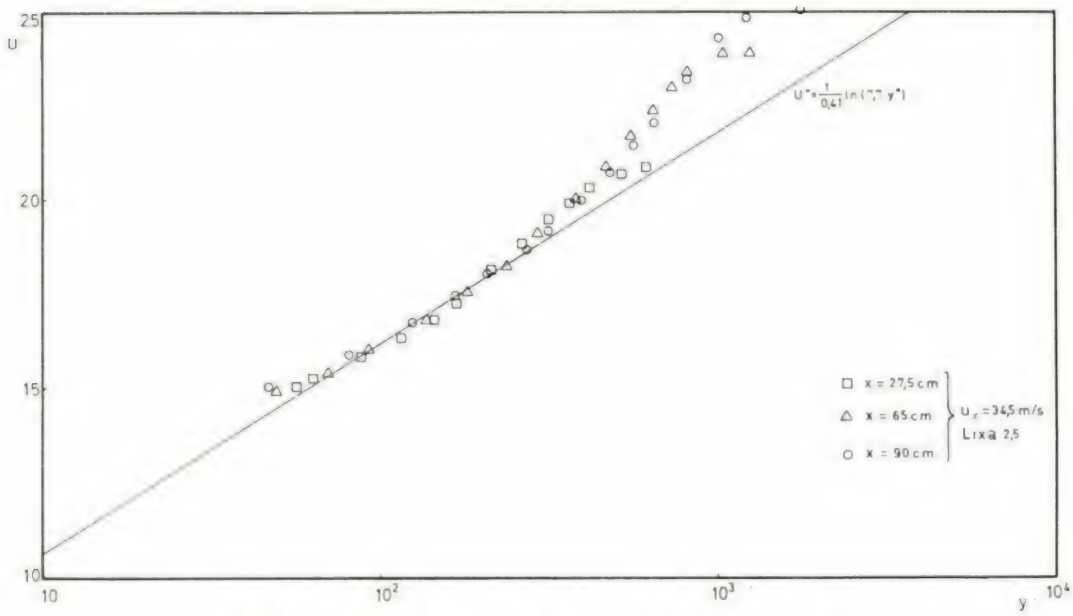



Fig. 8 C — Perfis de velocidade com sução (janela meio aberta)

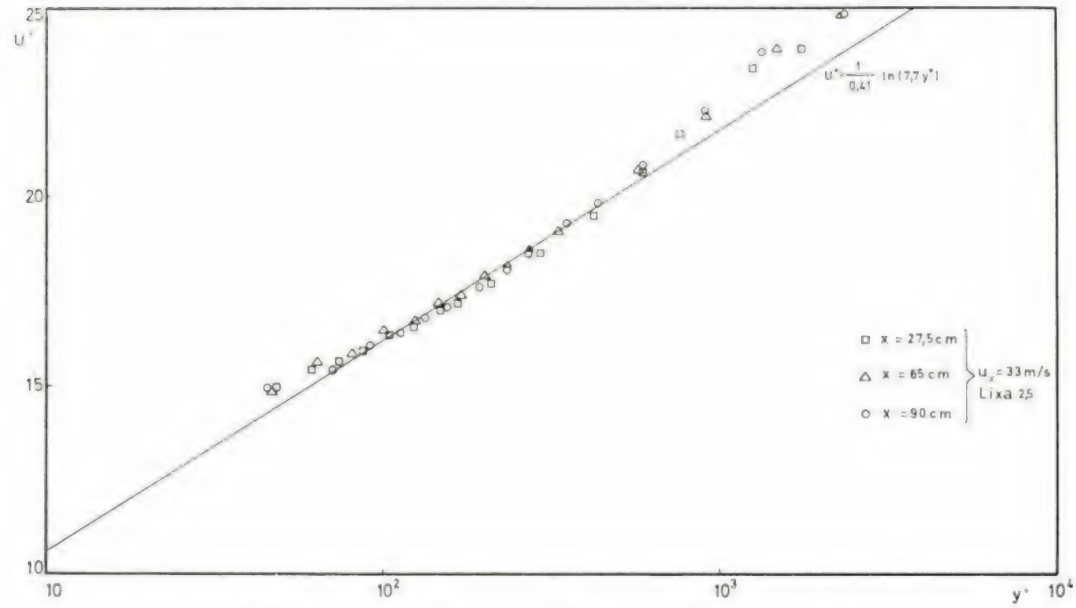



Fig. 8 D — Perfis de velocidade sem sucção (janela fechada)

Para estudar mais concretamente a influência da abertura da janela de sucção, efecturam-se medições de velocidade próximo do bordo de ataque da placa, a montante da lixa (x = 2,5 cm) e com o tubo de Pitot fixo a cerca de 1 mm da parede. Mostra-se na figura 10 que a influência é notável desde a posição de fechada até à posição de meia aberta. Parece ser esta a abertura que introduz menos perturbações. Entre as posições meia aberta e completamente aberta há uma pequena variação de $\left(\frac{U}{U_\infty}\right)^2$, não excedendo 2,5%. Fizeram-se os ensaios para dois valores próximos de $U_\infty$ e podemos concluir que para velocidades mais baixas a abertura ideal é menor, verificando-se maior perturbação à medida que se aumenta a abertura da janela de sucção.

Isto significa que para cada velocidade haverá uma abertura ideal da janela de sucção, que no caso dos nossos ensaios era l = 10 mm.

Como regra prática, parece recomendar-se que até à velocidade que o túnel actualmente pode permitir, a utilização de aberturas superiores a 10 mm garante a não influência da camada limite do túnel.

### *3.4. — Espessura da camada limite*

Como se disse na introdução, interessa-nos conhecer o desenvolvimento da espessura da camada limite ao longo da placa.

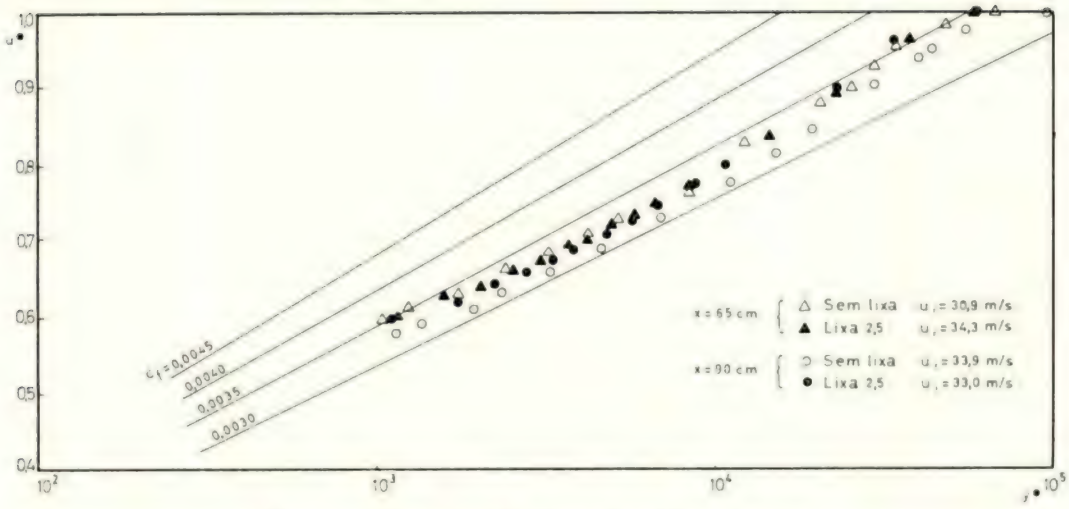



Fig. 9 — Efeito da sucção com e sem lixa (x = 65 cm)

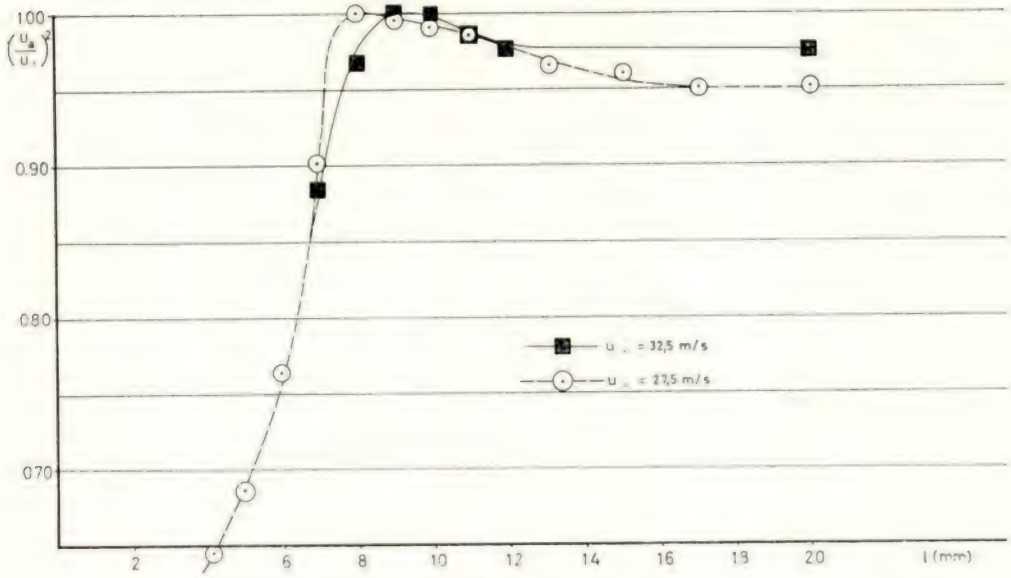



Fig. 10 — Efeito da sucção na velocidade num ponto fixo (x = 2,5 cm, y 1 mm)

Na figura 11 podemos verificar que a camada limite é mais espessa no caso de usarmos lixa de 7,5 cm, embora pareça tender para o mesmo valor, obtido com a lixa de 2,5 cm para x > 90 cm. No caso de não se usar agente de turbulência a camada limite é menos espessa.

Como critério para a determinação da espessura da camada limite, usou-se o valor de y em que $\frac{U}{U_\infty} = 0,990$ e obtiveram-se os valores gràficamente a partir dos perfis de velocidade.

Os casos considerados referem-se a ensaios com a janela de sucção meia aberta e $U_\infty \simeq 30 - 34$ m/s.

Utilizando o critério mais recomendável de espessura deslocada, as conclusões a tirar são idênticas conforme se conclui da figura 11 a.

## 4 — LIMITAÇÕES DOS RESULTADOS APRESENTADOS

Em relação à validade dos resultados aprensentados atrás e resumidos no capítulo seguinte, achámos conveniente fazer as observações que se seguem quanto à precisão de certas medições e à determinação de $C_f$

### *4.1. — Medição de pressões estáticas*

As tomadas de pressão da placa do túnel não oferecem garantias de precisão. No entanto, tentámos avaliar o erro mais desfavorável a partir das recomendações de Shaw [4], [5]. No caso de furos isentos de quaisquer rebarbas e para relações comprimento/diâmetro do furo entre 1,5 e 6, (no nosso caso este valor era cerca de

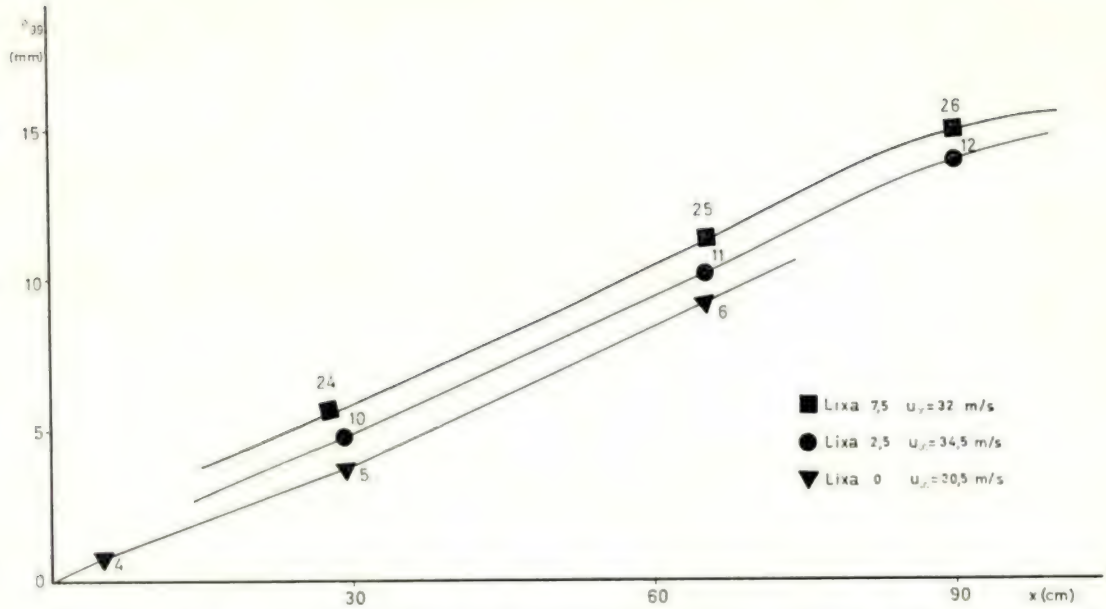



Fig. 11 — Influência do agente de turbulência na espessura da camada limite

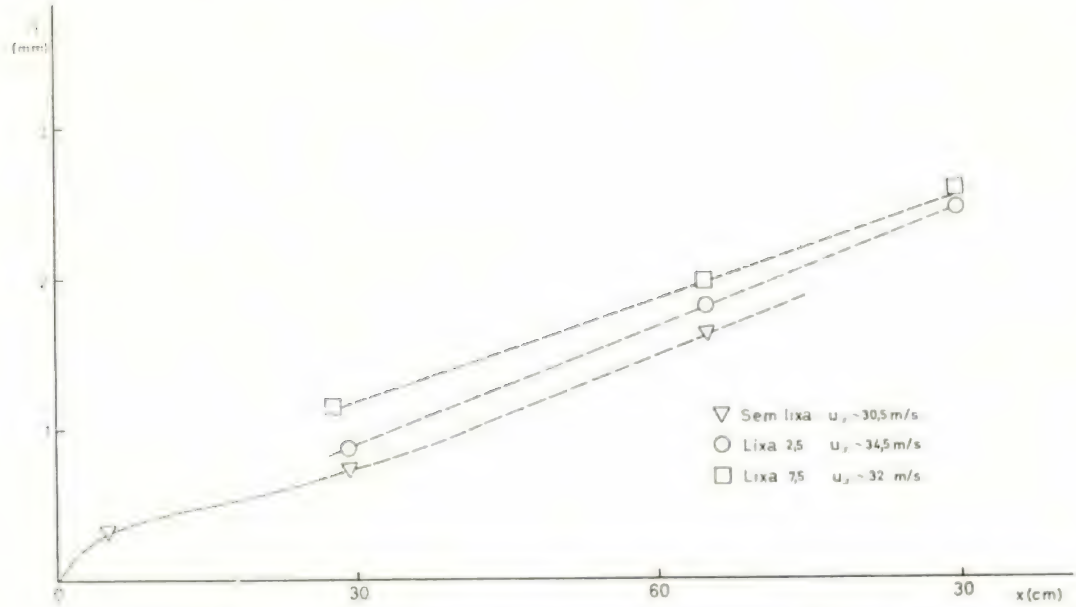



Fig. 11 a — Influência do agentes de turbulência na espessura deslocada

4, figura 3), o erro adimensional em termos de $\Delta p / \tau_0$ depende apenas de $U_\tau d_e / \nu$

Se admitirmos a existência de rebarbas, o erro dependerá também da relação $\varepsilon / d_e$ (altura da rebarba/diâmetro do furo). Para o caso mais desfavorável experimentado por Shaw ($\varepsilon / d_e = 1/31{,}7$), teríamos um erro $\Delta p / \tau_0 = 1{,}85$ para o valor mais elevado do número de Reynolds do furo que registámos nos nossos ensaios (aproximadamente 60). Isto corresponderia a um erro na pressão medida equivalente a 0,6 mm de água e a um erro relativo máximo inferior a 0,8% em termos de $U/U_\infty$.

Faz-se no entanto notar que bastava uma altura de rebarba superior a 0,01 mm para cair fora do limite de $\varepsilon / d_e$ considerado (o que não nos foi possível verificar) e que a presenção de grãos de poeira pode ter acção idêntica.

### 4.2. — *Medição de pressões totais*

Na medição de presões totais cometem-se normalmente erros devido à turbulência, ao gradiente da velocidade, à proximidade da parede e ao baixo número de Reynolds [6]. Desprezando a influência do grau de tur-

TIPO **DM**

# ARMADURA DE ILUMINAÇÃO

CONSTRUÇÕES ELECTRICAS

**SCHREDER**

P. JOSÉ FONTANA, 25 · TELEFONE 561001 · LISBOA

MIRA 139

# H. HAGEN

SEDE — Av. Elias Garcia, 22-1.º • tel. 76 70 28 • LISBOA
DELEGAÇÃO — Av. Sá da Bandeira, 45-4.º • Tel. 27141/2 • COIMBRA

**CONSTRUÇÕES CIVIS E INDUSTRIAIS**
**OBRAS PÚBLICAS**
**MOLDES DESLIZANTES**
**SILOS – CHAMINÉS – PONTES**
**PRÉ-ESFORÇO – PRÉ-FABRICAÇÃO**

## SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada
(REGISTADO)

**SERRALHARIAS,**
**CALDEIRARIA,**
**FERRARIA,**
**FUNDIÇÕES**

ESCRITÓRIO
**Rua de S. Tiago, 13**
**LISBOA**
Telefone 86 19 72

**fundações**
**sondagens**

# Sopecate

**especialista há ‡1/4‡ de século**

rua do arsenal 146-2º tlf 34010 • Lisboa

bulência, que aliás não foi medida e que vamos supor de igual importância para toda a espessura da camada limite [7] e desprezando o erro devido ao baixo número de Reynolds (o valor mais baixo de $U\,d/\nu$, sendo d o diâmetro interior do tubo de Pitot, no nosso caso era de 700), o *tipo de perfil* só poderá vir a ser influenciado pelos restantes factores.

A correcção devida à proximidade da parede, a partir das experiências realizadas por Mac Millan com tubos de Pitot de secção circular em aresta viva, torna-se desprezável para valores de $y/D > 2$ em que D é o diâmetro exterior do Pitot.

A correcção devida ao gradiente de velocidade depende de y/D e do parâmetro $U_\tau\ D/\nu$ para valores de y/D menores do que 2. Esta correcção é expressa em termos de um deslocamento do eixo do Pitot e para valores de $U_\tau\ D/\nu > 2$ depende apenas de D.

Para introduzir a correcção devida à proximidade da parede, adaptou-se uma função exponencial à curva de Mac Millan [8], o que se consegue com um rigor aceitável (figura 12), obtendo-se desvios inferiores a $\pm$ 0,06% em termos de $U/U_\infty$. A correcção devida ao gradiente de velocidade foi tomada constante, fazendo $\delta/D = 0{,}15$ [8].

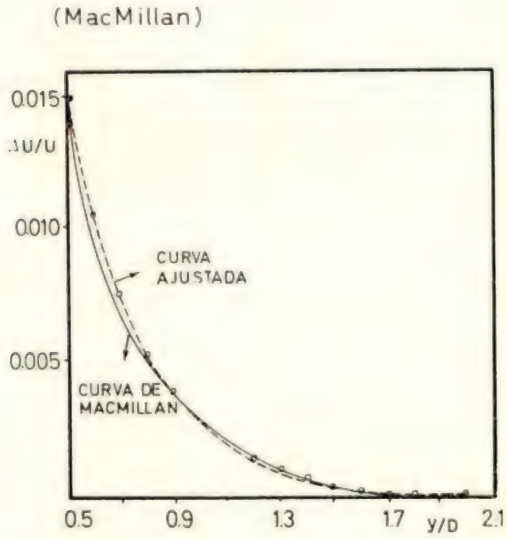



Fig. 12 — Correcção devida à proximidade da parede

Alternativamente, a correcção conjunta devida ao gradiente de velocidades e proximidade da parede foi introduzida também a partir de [8], tendo em conta que $U_\tau\ D/\nu$ varia aproximadamente entre 70 e 100, e adaptando-se uma recta à gama de curvas $\delta/D$ em função de D/y, conforme se indica na figura 13. O erro máximo devido a esta aproximação foi estimado em $-$ 1,6%; $+$ 0,4% em termos de $y^*$, pelo que se preferiu finalmente utilizar as correcções em separado.

### 4.3. — *Erros de leitura*

Desprezando os erros de leitura da temperatura e do ângulo de inclinação do manómetro, pois afectam pràticamente da mesma forma todos os pontos dum dado

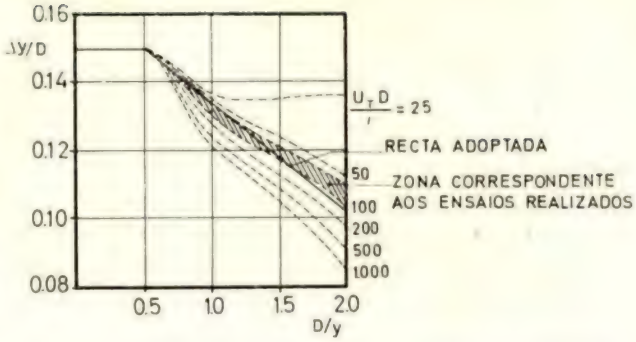



Fig. 13 — Correcção conjunta devida ao gradiente de velocidade e proximidade da parede (Mac Millan)

perfil, ficam como predominantes os das leituras da pressão total e estática e da distância à parede. Um erro nesta última, da ordem de grandeza referida no capítulo 2, terá maior influência no valor de $y^*$ para os pontos mais próximos da parede e irá portanto influir no tipo de perfil.

Os perfis representados nas figuras parecem-nos porém, suficientemente coerentes para nos permitirem tirar as conclusões já apontadas e resumidas adiante. É de notar ainda que o erro mais provável é por defeito (equivale a considerar o tubo encostado quando na realidade ele ainda não está perfeitamente encostado), o que conduz na representação ($U^*$, $y^*$) a perfis encurvados «para cima» na zona dos menores $y^*$. É esta precisamente a característica dominante dos perfis obtidos.

Os erros de leitura das alturas de pressão são da ordem de $\pm$ 1 mm $\times$ sen $\alpha$, o que corresponde no caso mais desfavorável a um erro inferior a 0,5% em termos de $U/U_\infty$.

### 4.4. — *Determinação de $C_f$*

Embora os ensaios de Brown e Joubert [9] tenham levado a concluir que a partir da representação dos perfis de velocidade num gráfico de Clauser se consegue determinar o valor de $C_f$ com precisão razoável, foi-nos sugerido pelo Prof. Delgado Domingos o «test» do balanço da quantidade de movimento, geralmente desfavorável.

A equação do movimento integrada pode-se pôr sob a forma [10]

$$\frac{\tau_0}{\rho} = \frac{d}{dx}\left(U^2_\infty\,\delta_2\right) + \delta_1\,U_\infty\,\frac{dU_\infty}{dx}$$

No caso presente, o número de secções ao longo da placa em que foram tomados os ferfis não permite a determinação de $\tau_0/\rho$ com rigor aceitável, tanto mais que as variações de ($U^2_\infty\ \delta_2$) e $U_\infty$ são muito pequenas, conforme se indica a seguir.

Entre cada dois perfis consecutivos a e b, determinámos a quantidade

$$\frac{\tau'}{\rho} = \frac{\Delta (U^2_\infty \ \delta_2)}{\Delta x} + (\delta_1 \ U_\infty)_m \frac{\Delta U_\infty}{\Delta x}$$

em que

$$(\delta_1 \ U_\infty)_m = [(\delta_1 \ U_\infty)_a + (\delta_1 \ U_\infty)_b] / 2$$

Uma vez que o 2.° termo é sempre muito inferior ao primeiro (excepto num caso que foi considerado em separado), podemos afirmar que os valores que pode tomar $C_f$ no intervalo $\Delta x$ considerado estarão entre

$$C_{f_a} = 2 \frac{\tau'}{\rho} \frac{1}{U^2_{\infty a}} \quad e \quad C_{f_b} = 2 \frac{\tau'}{\rho} \frac{1}{U^2_{\infty b}}$$

Na maioria dos casos verificámos ainda que estas duas quantidades diferem de muito pouco, pelo que se optou por atribuir ao $C_f$ obtido por este processo o valor

$$C_{f_m} = 2 \frac{\tau'}{\rho} \frac{1}{U^2_{\infty m}}$$

em que

$$U^2_{\infty m} = \frac{U_{\infty a} + U_{\infty b}}{2}$$

No caso já referido em que $\Delta U_\infty$ era significativo (perfis 13 e 14) os valores extremos do $C_f$ foram obtidos a partir de

$$C_{f_a} = \left[ \frac{\Delta (U^2_\infty \ \delta_2)}{\Delta x} + (\delta_1 \ U_\infty)_a \frac{\Delta U_\infty}{\Delta x} \right] \frac{2}{U^2_{\infty a}}$$

e

$$C_{f_b} = \left[ \frac{\Delta (U^2_\infty \ \delta_2)}{\Delta x} + (\delta_1 \ U_\infty)_b \frac{\Delta U_\infty}{\Delta x} \right] \frac{2}{U^2_{\infty b}}$$

Na tabela 1 apresenta-se a comparação entre os C obtidos por um processo e outro, concluindo-se que na maioria dos casos a equação do movimento integrada conduz a valores maiores. Os desvios que constam da tabela foram considerados nulos quando o valor de Cf obtido da equação integrada entre dois dados perfis a e b caía entre os valores obtidos pelo gráfico de Clauser para esses perfis. Caso contrário, o desvio foi cauculado em relação ao valor mais próximo dos obtidos pelo método de Clauser e em percentagem dese valor.

É de notar que os valores obtidos gràficamente são de maior confiança, até porque estão escalonados segundo uma certa lógica, enquanto que nos outros aparecem anomalias do tipo registado entre os perfis 30 - 31 e 31 - 32, em que o valor de $C_f$ no segundo intervalo é maior do que no primeiro .

A figura 14 parece confirmar esta observação, na medida em que os valores de $C_f$ obtidos pelo método de Clauser se aproximam bastante das previsões de Prandtl e se situam acima das de Allan, o que é concordante com a maioria dos resultados experimentais [11].

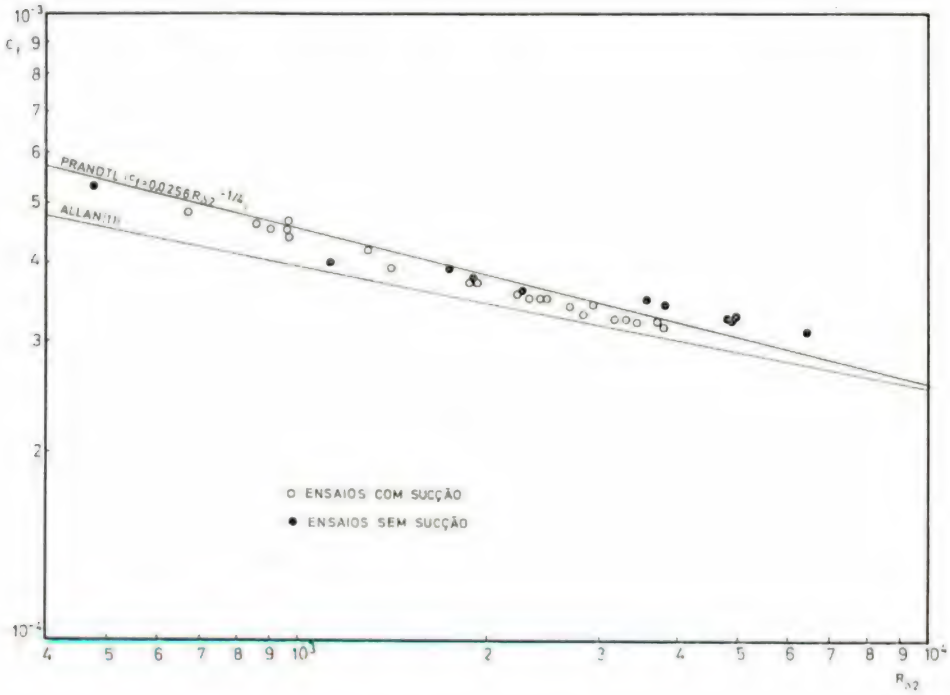



Fig. 14 — Variação de $C_f$ com o número de Reynolds do momentum

TABELA 1

| N.º do Perfil | $c_f$ Obtido do Gráfico de Clauser | $c_f$ Obtidos da Equação do Momentum | Desvio Mínimo % |
|---|---|---|---|
| 5 | 0.0048 | 0.00315 | 17.5 |
| 6 | 0.0037 | | |
| 7 | 46 | 415 | 0 |
| 8 | 35 | 300 | − 8 |
| 9 | 325 | | |
| 10 | 46 | 385 | 0 |
| 11 | 35 | 384 | 10 |
| 12 | 32 | | |
| 13 | 33 | 560 a 460 | 40 |
| 14 | 31 | | |
| 15 | 39 | 428 | 10 |
| 16 | 34 | | |
| 17 | 53 | 695 | 31 |
| 18 | 40 | 497 | 24 |
| 19 | 375 | 412 | 10 |
| 20 | 35 | | |
| 21 | 35 | 324 | 0,3 |
| 22 | 325 | | |
| 23 | 325 | | |
| 24 | 39 | 352 | 0 |
| 25 | 33 | 349 | 6 |
| 26 | 315 | | |
| 27 | 42 | 352 | 0 |
| 28 | 34 | 392 | 15 |
| 29 | 32 | | |
| 30 | 45 | 375 | 0 |
| 31 | 36 | 400 | 11 |
| 32 | 325 | | |
| 33 | 455 | 397 | 0 |
| 34 | 355 | 309 | − 9 |
| 35 | 34 | | |

## 5 — RESUMO DAS CONCLUSÕES

a) Com a válvula de sucção fechada e para $x \geqslant 65$ cm, a camada limite é sempre turbulenta, isto é, o perfil de velocidade apresenta uma zona logarítmica significativa com ou sem lixa.

b) O efeito da sucção é especialmente notório para aberturas até $l = 1$ cm e a partir daí o efeito é desprezável, sobretudo para valores de x superiores a 65 cm, com lixa de 7,5 cm. Os resultados sugerem pois, a conveniência de trabalhar com aberturas superiores a 1 cm, quando se queira ter uma certa garantia de que a camada limite tem origem no bordo de ataque da placa.

c) A utilização de agentes de turbulência conduz a perfis mais próximos do perfil desenvolvido, sendo naturalmente o efeito mais pronunciado para os valores de x mais baixos. Para $x \geqslant 90$ cm e $U_\infty \geqslant 30$ m/s não se distingue pràticamente qualquer diferença entre as duas lixas utilizadas a não ser na espessura da camada limite.

d) A influência dos agentes de turbulência no ponto de transição não é evidente a partir dos resultados obtidos. No entanto, eles sugerem que a camada limite se aproxima já do perfil turbulento, com qualquer das lixas utilizadas, para valores de $x \geqslant 27{,}5$ cm e $U_\infty \geqslant 30$ m/s. Para este valor de x, sem lixa, o perfil é aparentemente laminar ainda.

## NOMENCLATURA

$c_f$ — coeficiente de atrito $\left(= \tau_0 \Big/ \frac{1}{2} \varrho U^2_\infty\right)$
$d$ — diâmetro interior do tubo de Pitot
$d_e$ — diâmetro do furo de tomada da pressão estática
$D$ — diâmetro exterior do tubo de Pitot
$l$ — obertura da janela de sucção
$\Delta p$ — erro na leitura da pressão estática
$U$ — velocidade média do escoamento segundo a direcção predominante
$U_\infty$ — velocidade média na zona não perturbada do escoamento segundo a direcção predominante
$U_\tau$ — velocidade de corte («shear velocity») $(\sqrt{\tau_0 / \varrho})$
$U^*$ — velocidade adimensional $(U / U_\infty)$
$U^+$ — velocidade adimensional $(U / U_\tau)$
$x$ — distância ao bordo de ataque da placa
$y$ — distância à parede
$y^*$ — distância adimensional $(y\, U_\infty / \nu)$
$y^+$ — distância adimensional $(y\, U_\tau / \nu)$

Letras gregas:

$\delta$ — correcção expressa em termos da posição do eixo de tubo de Pitot
$\delta_1$ — espessura deslocada («displacement thickness»)
$\delta_2$ — espessura do momentum
$\delta_{99}$ — espessura da camada limite (valor de y para $U = 0{,}990\, U_\infty$)
$\Delta$ — operador diferença
$\varepsilon$ — altura da rebarba dos furos de pressão estática
$\nu$ — viscosidade cinemática do fluido
$\varrho$ — massa específica do fluido
$\tau_0$ — tensão de corte na parede
$\tau'$ — variável definida no texto

Índices:

a — referente à secção a
b — referente à secção b
m — referente ao valor médio entre as secções a e b

## BIBLIOGRAFIA


[1] — A. BENTO LEAL, Relatório do 3.° Tirocínio, I. S. T. (1968).

[2] — J. WHITELAW, An experimental investigation of the two dimensional wall jet, ARC CP No. 942 (1967).

[3] — M. NINA, Resultados de ensaios realizados no túnel do N. E. E. M., não publicado (1970).

[4] — R. SHAW, The influence of hole dimensions on static pressure measurements, J. Fluid Mechanics, vol. 7 pág. 550 (1960).

[5] — B. BRAZÃO, Medição de pressões estáticas e dinâmicas em escoamentos incompressíveis. Nota de Trabalho SNRI 2/71, L. F. E. N. (1971).

[6] — L. ROSENHEAD (ed.), Laminar boundary layers, Clarendon Press, Oxford (1963).

[7] — J. GALVÃO TELES, Apontamentos de aerodinâmica, I. S. T. não publicado (1969).

[8] — F. A. MAC-MILLAN,, Experiments on Pitot tubes in shear flow, ARC R e M No. 3028 (1956).

[9] — K. C. BROWN e P. N. JOUBERT, The measurement of skin friction in turbulent boundary layers with adverse pressure gradients, J. Fluid Mechanics, vol. 35 part 4, pg. 737-57 (1969).

[10] — H. SCHLICHTING, Bounday layer theory, 6th ed., Mc. Graw Hill, pág. 144 - 148 (1968)

[11] — W. K. ALLAN, Velocity distribution in turbulent flow, J. Mech. Engng. Sci., vol 12, No. 6, pág. 391 - 399 (1970).


## APÊNDICE

Como se referiu no texto anterior utilizaram-se três programas em FORTRAN IV, para obter os resultados quo serviram de base ao estudo apresentado. O facto de não se ter feito um único programa que incluiria todos os cálculos deve-se à pequena capacidade de memória do computador utilizado (8K), que não permite a passagem de programas muito extensos.

Assim, começou por se fazer passar o programa «perfis de velocidade adimensionais» que nos permitiu obter os valores de $U^*$, $y^*$ e $U_\infty$. Este mesmo programa, com pequenas alterações, foi utilizado para obter os resultados que entraram como dados nos dois outros programas, «Perfil Universal»e «Integração de Perfis» que levaram à obtenção de $U^+$, $y^+$ e $\delta_1$, $\delta_2$ respectivamente.

Apresentamos em seguido as listagens dos programas acompanhados de uma lista dos símbolos utilizados.

```
C PERFIS DE VELOCIDADE ADIMENSIONAIS
DIMENSION HS(3),RO(3),VISC(3),YP(3),F(3),U(3),DELH(3,15),UT(3,15)
DIMENSION Y(3,15),Z(3,15),YT(3,15),H(3,15)
4WRITE(4,300)
300FORMAT(6H DADOS)
READ(4,10)ALFA,N,M,K,LI
10FORMAT(F7.3,I4,I5,I5,I3)
READ(5,20)(HS(I),F(I),RO(I),I=1,N)
20FORMAT(F7.1,F6.1,F7.3)
READ(5,40)(YP(I),VISC(I),I=1,N)
40FORMAT(F8.3,F8.4)
READ(5,30)((H(I,J),Z(I,J),J=1,M),I=1,N)
30FORMAT(F7.1,F8.3)
ALFA=ALFA/57.2957
SENO=SIN(ALFA)
DO 1 I=1,N
DELH(I,1)=HS(I)-H(I,1)
U(I)=SQRT(DELH(I,1)*1.54017*SENO/RO(I))
WRITE(4,100)F(I),U(I)
100FORMAT(3H X=,F5.1,3X,3HU1=,F6.2,3X,4HTRIP/4X,2HYT,9X,2HUT)
DO 2 J=1,M
DELH(I,J)=HS(I)-H(I,J)
UT(I,J)=SQRT(DELH(I,J)/DELH(I,1))
Y(I,J)=Z(I,J)-YP(I)
IF(LI-1)8,9,9
8UT(I,J)=UT(I,J)*(1.+0.0807/EXP(3.6899*Y(I,J))-0.000092)
GO TO 5
9IF(Y(I,J)-1.87)6,5,5
5A=0.14
GO TO 7
6A=0.08+0.032*Y(I,J)
7Y(I,J)=Y(I,J)+A
YT(I,J)=Y(I,J)*U(I)*RO(I)/VISC(I)
2WRITE(4,200)YT(I,J),UT(I,J)
200FORMAT(F10.2,F9.4)
1CONTINUE
IF(N-K)4,3,3
3STOP
END
```

```
CPERFIL UNIVERSAL
DIMENSION CF(3),L(3),UT(3,15),YT(3,15),UN(3,15),YN(3,15)
N=3
M=15
DO 1 K=1,5
WRITE(4,400)
400FORMAT(///,14H VALORES DE CF)
READ(4,30)(CF(I),I=1,N)
30FORMAT(F5.1)
DO 1 I=1,N
READ(5,10)L(I)
10FORMAT(I2)
READ(5,20)(YT(I,J),UT(I,J),J=1,M)
20FORMAT(F10.2,F9.4)
IF(CF(I))2,1,2
2CF(I)=SQRT(CF(I)/20000.)
WRITE(4,200)L(I)
200FORMAT(//7H PERFIL,I3/7H      YN,7H      UN)
DO 1 J=1,M
UN(I,J)=UT(I,J)/CF(I)
YN(I,J)=YT(I,J)*CF(I)
WRITE(4,300)YN(I,J),UN(I,J)
1CONTINUE
300FORMAT(F8.1,F8.2)
STOP
END

CINTEGRACAO DE PERFIS
DIMENSION TH1(3),TH2(3),TH3(3),H12(3),H13(3),H23(3),L(3)
DIMENSION UT(3,15),D(3,15),G(3,15),E(3,15),Y(3,15)
N=3
M=15
DO 1 KM=1,5
DO 1 I=1,N
READ(5,10)L(I)
READ(5,20)(Y(I,J),UT(I,J),J=1,M)
10FORMAT(I2)
20FORMAT(F8.3,F9.4)
DO 2 J=1,M
D(I,J)=1.-UT(I,J)
G(I,J)=D(I,J)*UT(I,J)
2E(I,J)=(1.-(UT(I,J))**2)*UT(I,J)
TH1(I)=(D(I,M)+1.)*Y(I,M)/2.
TH2(I)=G(I,M)*Y(I,M)/2.
TH3(I)=E(I,M)*Y(I,M)/2.
DO 3 J=2,M
K=J-1
TH1(I)=TH1(I)+((D(I,J)+D(I,K))*(Y(I,K)-Y(I,J)))/2.
TH2(I)=TH2(I)+((G(I,J)+G(I,K))*(Y(I,K)-Y(I,J)))/2.
3TH3(I)=TH3(I)+((E(I,J)+E(I,K))*(Y(I,K)-Y(I,J)))/2.
H12(I)=TH1(I)/TH2(I)
H13(I)=TH1(I)/TH3(I)
H23(I)=TH2(I)/TH3(I)
WRITE(4,300)L(I),H12(I),H13(I),H23(I)
300FORMAT(///7H PERFIL,I3,6H  H12=,F6.2,6H  H13=,F6.2,6H  H23=,F6.2)
200FORMAT(10X,6H  TH1=,F9.5,6H  TH2=,F9.5,6H  TH3=,F9.5)
WRITE(4,200)TH1(I),TH2(I),TH3(I)
1CONTINUE
STOP
END
```

LISTA DE SÍMBOLOS

HS — leitura da tomada de pressão estática
RO — massa específica do ar (Kg $m^{-3}$)
VISC — viscosidade dinâmica do ar (g $cm^{-1}$ $s^{-1}$ × 10)
YP — leitura do micrómetro para Y = O (mm)
F — variável correspondente à distância ao bordo de ataque da placa (cm)
U — variável correspondente à velocidade na zona não perturbada do escoamento (m $s^{-1}$)
DELH — diferença entre as leituras de pressões estática e total (mm × 10)
UT — velocidade adimensional ($U^*$)
Y — distância à parede (mm)
Z — leitura do micrómetro (mm)
YT — distância adimensional ($Y^* \times 10^{-1}$)
H — leitura da tomada de pressão total (mm × 10)
ALFA — ângulo de inclinação do manómetro (grau)
N — número de perfis analisados em cada ciclo do programa
M — número de pontos em cada perfil
K — número total de perfis
LI — parâmetro para indicar a correcção a adoptar
SENO — seno do ângulo ALFA
A — termo relativo à correcção devida ao gradiente de velocidade
X — distância ao bordo de ataque da placa (cm)
U1 — velocidade na zona não perturbada do escoamento (m $s^{-1}$)
CF — coeficiente de atrito
L — número do perfil
UN — velocidade adimensional ($U^+$)
YN — distância adimensional ($Y^+$)
TH1 — espessura deslocada (mm)
TH2 — espessura do momentum (mm)
TH3 — espessura de energia (mm)
H12, H13, H23, — factores de forma
D, E, G, — funções para o cálculo de TH1, TH2, TH3.

# FEIRAS, CONFERÊNCIAS, EXPOSIÇÕES E CURSOS NO MUNDO

| OBJECTIVO DO PROGRAMA | LOCAL, DATAS, ORGANIZAÇÃO INFORMAÇÕES |
|---|---|
| Conférences du Centre d'études supérieurs.<br>Tema:<br>Batiments «Tout-Électrique». | Paris, France 16-3-72<br>7, Rue La Pérouse<br>Paris XVI$^e$, Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics. |
| Aperfeiçoamento dos métodos e estudo dos tempos em Artes-Gráficas. | Lisboa, 20-22 Março-72<br>COPRAI |
| Canadian Pulp & Paper Association — Woodlans Section.<br>Tema:<br>Máquinas e Equipamentos relativos à Indústria Moderna. | Montreal, 20-23 Março-72<br>Queen Elizabeth Hotel,Montreal<br>Canadá |
| Métodos de previsão | Lisboa, 21-22 Março-72<br>INII |
| International Medium — Voltage Earthing pratices. | London 21-23 Março-72<br>I E E |
| Corrosão e ataque por organismos incrustantes em metais em contacto com águas marinhas e salobras.<br>Temas:<br>Corrosão geral e selectiva de metais e ligas.<br>Recobrimentos protectores.<br>Protecção catódica. | Travemünde, Alemanha,<br>22-24 Março-72<br>Postfach 8209, D-4 Düsseldorf 1, Alemanha |

# robustez começa com TOYOTA

A linha industrial TOYOTA
(empilhadores, tractores de reboque
e pás carregadoras)
beneficia de **garantia total TOYOTA**
pois é integralmente fabricada pela
TOYOTA

Empilhadores com poder de elevação
desde 700 kg a 10 toneladas
Assistência técnica, serviço e peças
em todo o País.

CONSULTAS — **SALVADOR CAETANO, SARL**
VILA N. GAIA — Quilómetro 1, E. N. 222 — Tels.: 98 27 53 e 98 29 94
LISBOA — Av. da República, 45, 7.º-Esq. — Tels.: 76 21 33 e 77 32 88

**TOYOTA — uma força nova para a indústria**

# monte a transmissão completa utilizando

## OS PRODUTOS
# RENOLD
## PARA A TRANSMISSÃO DE FORÇA

- REDUTORES SEM FIM–relações desde 5 : 1 até 5000 : 1 distancias entre centros desde $1\frac{1}{8}$" até 28"
- REDUTORES SEM FIM PARA MONTAGEM NO EIXO
- REDUTORES SEM FIM DE MONTAGEM UNIVERSAL
- REDUTORES E CONJUNTOS MOTOR/REDUTOR 'RITESPEED' até 82 : 1 e 50 HP
- REDUTORES HELICOIDAIS PARA MONTAGEM NO EIXO
- REDUTORES HELICOIDAIS DE REDUÇÃO SIMPLES E DUPLA
- REDUTORES DE ENGRENAGENS ESPIRAL EM ANGULO

* Ou acionamentos a corrente, correntes transportadoras, luvas de acoplamento, embreagens, freios, variadores de rotação etc.

*Informações técnicas sobre a linha completa de produtos RENOLD na:*

RENOLD HOLROYD Crofts CARTER

**HARKER SUMNER & CIA., LDA.**
**38 Rua de Ceuta, 48 PORTO**
Apartado No. 162. Tél: 27054 (4 linhas)
**14 Largo do Corpo Santo, 18 LISBOA-2**
Tél: 324823, 35124.

RENOLD

RENOLD LIMITED
SALES DIVISION
MANCHESTER - ENGLAND

C. D. U. 624.131.43

# EFEITO DO TEMPO NAS CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DO SOLO

por FERNANDO GUEDES DE MELO
Engenheiro Civil
Especialista em Geotecnia, LNEC

(Continuado do N.º 411)

Da observação do Quadro 2.7 verifica-se que a gama de idades explorada nestes ensaios não foi muito extensa, apenas se tendo atingido idades iguais ou superiores a dois meses nas séries S11, S13 e S15. Por este motivo para a interpretação dos resultados consideram-se particularmente estas três últimas séries.

Nas figuras 2.11 a 2.13 apresentam-se, para as 3 séries consideradas, os diagramas das de-

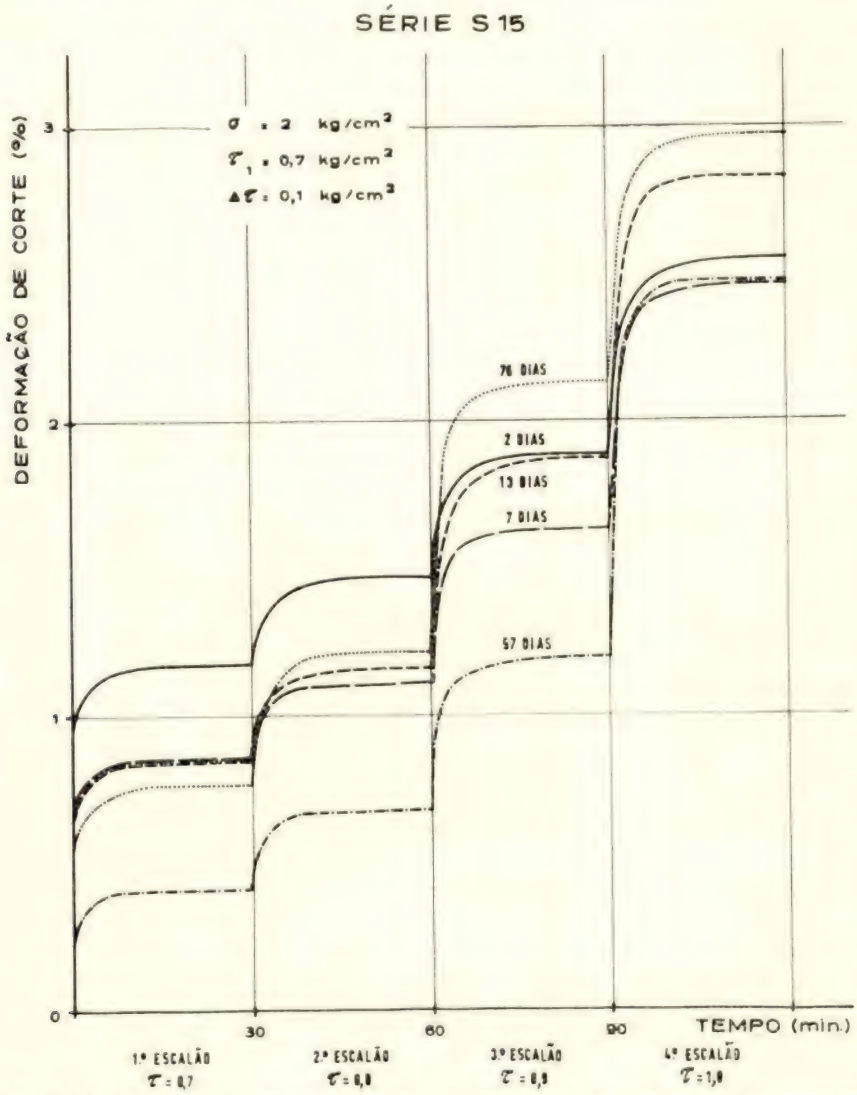



Fig. 2.13 — Ensaios de corte directo a tensão constante. Evolução das deformações distorsionais nos ensaios conduzidos com aplicação de sucessivos escalões de tensão de corte — Série S15

formações distorsionais obtidas nos ensaios conduzidos com aplicação de sucessivos escalões de tensão de corte.

Nas figuras 2.14 a 2.16 marcaram-se, para cada um dos provetes das séries consideradas, os valores das deformações finais obtidas pela aplicação dos sucessivos escalões da tensão de corte.

Pela observação destes dois conjuntos de figuras pode notar-se que, dentro de cada série ensaiada, os provetes exibem, para uma dada tensão de corte, deformações variáveis com a respectiva idade. Verifica-se contudo que a dispersão de valores da deformação vai diminuindo à medida que a tensão de corte aumenta, ou seja, à medida que o provete se vai aproximando da rotura. Este facto é bem realçado nas figuras 2.14 a 2.16 onde se nota uma nítida convergência dos diagramas correspondentes às diferentes idades para valores elevados da deformação.

Nas figuras 2.17 a 2.19 considera-se, para cada uma das séries em estudo, a evolução com a idade das deformações produzidas pela aplicação do primeiro escalão da tensão de corte. Dum modo geral, os resultados obtidos mostram uma tendência para uma diminuição da deformação quando a idade aumenta, o que

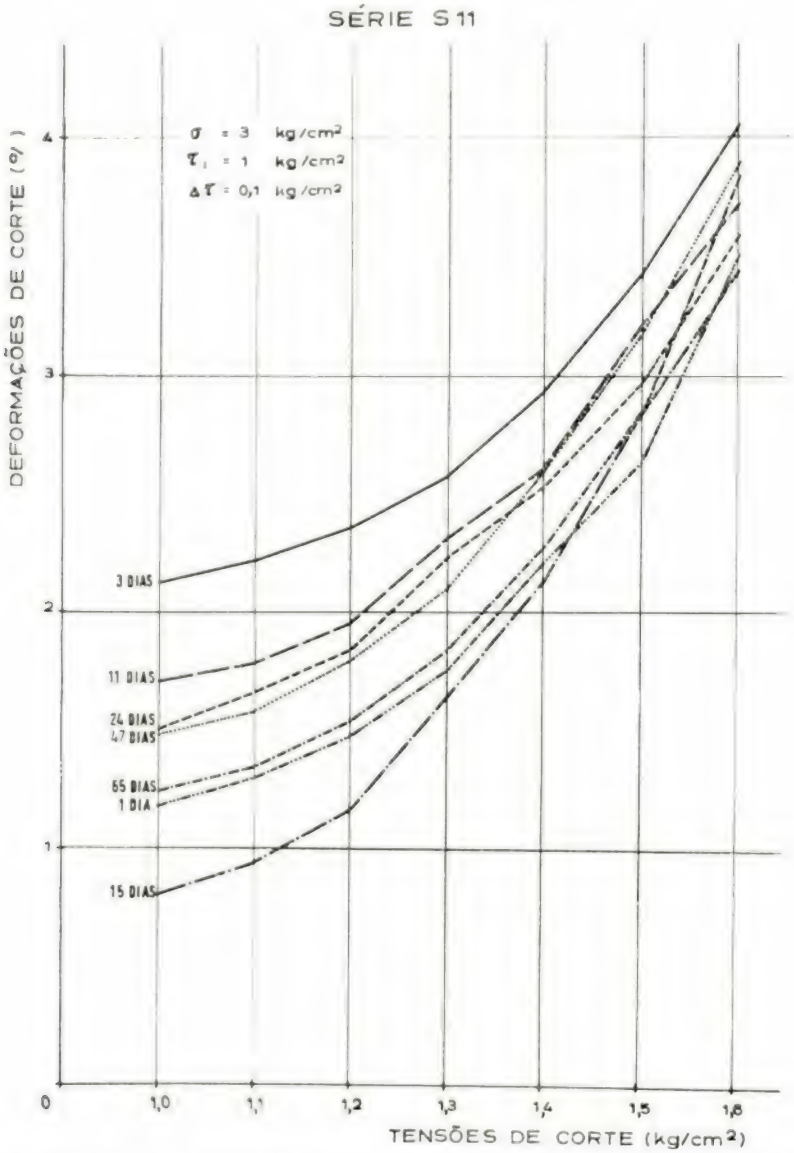



Fig. 2.14 — Ensaios de corte directo a tensão constante — Deformações finais de cada escalão em função da tensão de corte

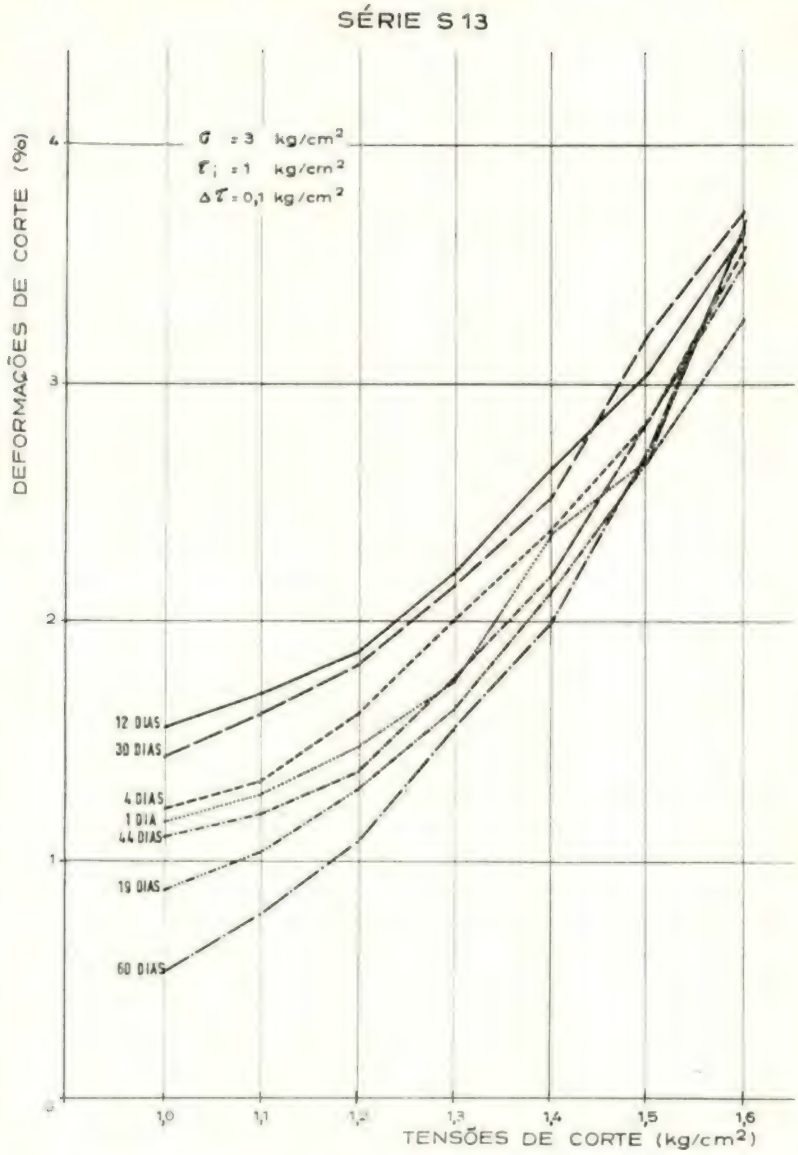



Fig. 2.15 — Ensaios de corte directo a tensão constante — Deformações finais de cada escalão em função da tensão de corte aplicada — Série S13

se pretende evidenciar através dos diagramas apresentados nessas figuras.

Deste modo verifica-se que, sob a tensão de 2 kg/cm² considerada na série S15, se produziu um efeito nos provetes tal que, ao fim de 60 dias de actuação, eles respondem à acção duma tensão de corte de 0,7 kg/cm², com uma deformação que baixou de 1,1% para cerca de 0,6%.

Quando a tensão de consolidação considerada foi de 3 kg/cm², caso das séries S11 e S13, nos mesmos 60 dias de envelhecimento as deformações distorsionais baixaram de 1,8% para 1,3% na série S11 e de 1,4% para 0,9% na série S13.

## 2.4 — Ensaios de punçoamento

### 2.4.1 — Descrição dos ensaios

Na realização destes ensaios, uma haste metálica de secção circular era comprimida contra a superfície dum provete do solo em estudo, determinando-se a resistência por ele oferecida à solicitação assim originada

O provete cilíndrico com 20 cm de diâmetro e cerca de 10 cm de altura era montado dentro dum molde metálico.

O solo, preparado por adição duma elevada quantidade de água de forma a obter-se uma pasta com alto teor de humidade, depois de convenientemente homogeneizado por intensa amassadura, era lançado dentro do referido molde.

Durante a fase de envelhecimento o provete era mantido entre duas placas porosas, uma no topo e outra na base do molde, permitindo assim a drenagem. Sobre a placa porosa do topo assentava uma outra placa metálica rígida sobre a qual era aplicada a tensão de consolidação desejada mediante um sistema do qual fazia parte uma mola que pela sua deformabilidade, garantia a constância da tensão aplicada, apesar das deformações volumétricas do provete.

A haste metálica com que se carregava o solo terminava numa peça circular com 0,5 $cm^2$ de secção e actuava sobre o provete mercê dum dispositivo mecânico que produzia o seu avanço a velocidade constante.

Dado o grande diâmetro do provete e o pequeno diâmetro da superfície actuada pela haste, era possível, para cada provete, proceder à realização de diversos ensaios. Deste modo, utilizando um único provete, era possível

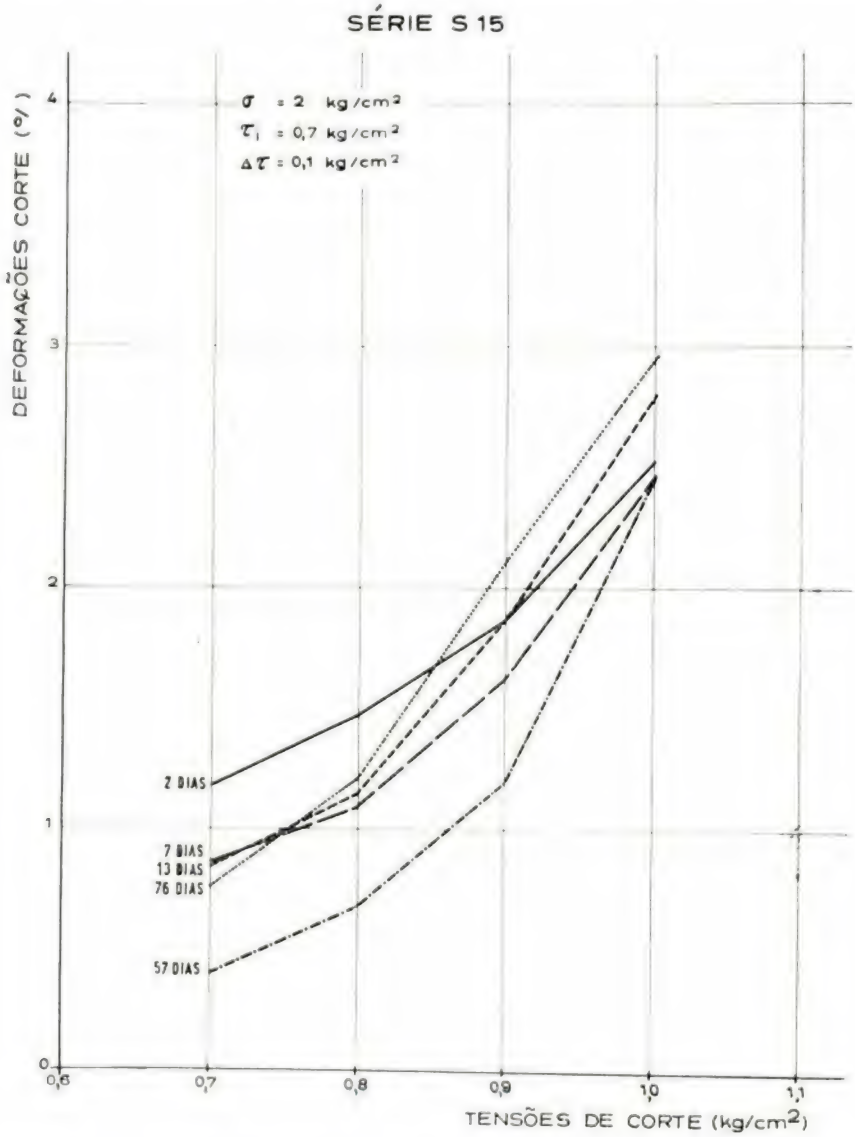



Fig. 2.16 — Ensaios de corte directo a tensão constante — Deformações finais de cada escalão em função da tensão de corte aplicada — Série S 15

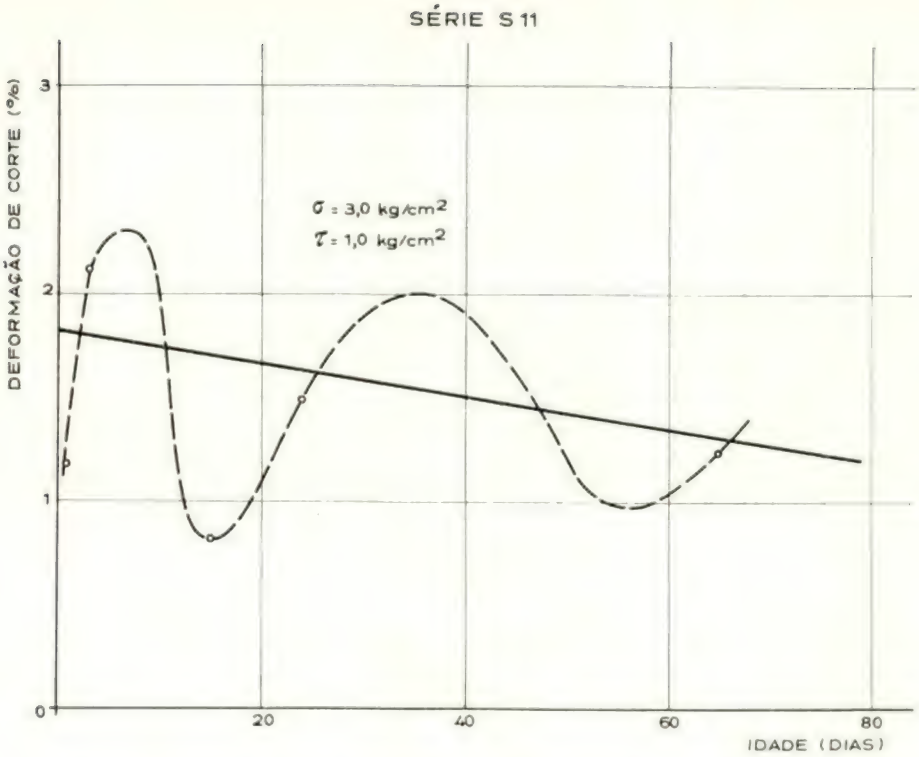



Fig. 2.17 — Ensaio de corte directo a tensão constante — Evolução com a idade das deformações de corte obtidas no primeiro escalão — Série S11

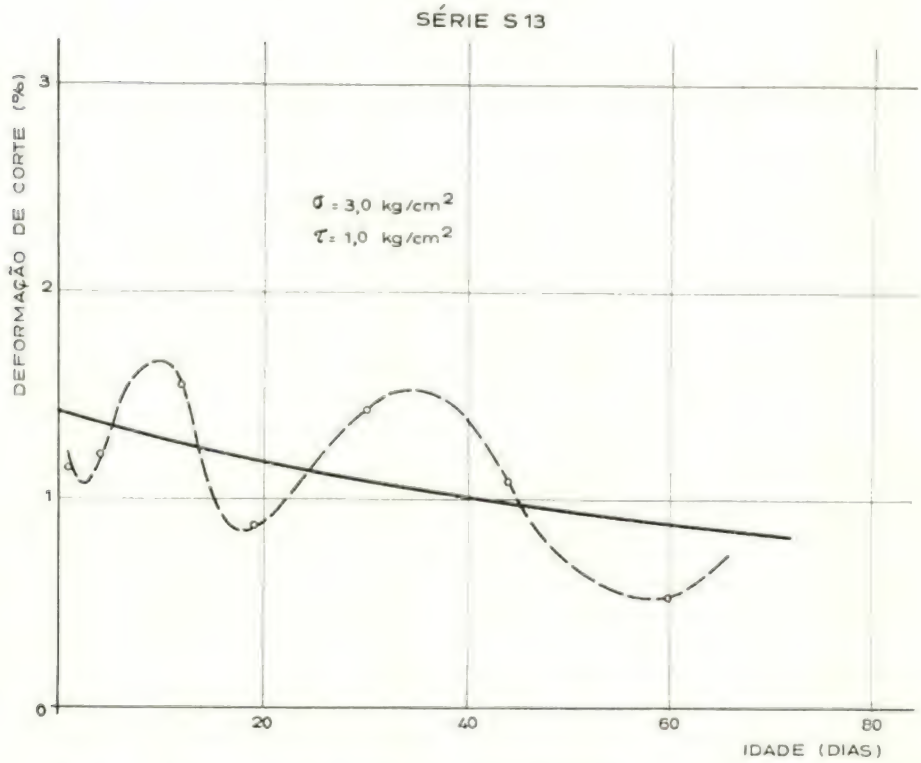



Fig. 2.18 — Ensaio de corte directo a tensão constante — Evolução com a idade das deformações de corte obtidas no primeiro escalão — Série S13

estudar a evolução, ao longo do tempo, da forma como o solo respondia à solicitação aplicada, bastando para isso realizar, em cada um deles, uma sequência de ensaios idênticos espaçados ao longo de todo o período de envelhecimento. Assim, sempre que se desejava fazer um ensaio, a tensão de consolidação era retirada e a ensaio executado, findo o que a tensão era novamente aplicada.

Dentro deste esquema havia que ter em conta a localização dos pontos da superfície dos provetes onde se procedia a ensaio, a fim de evitar que se verificassem sobreposições de zonas interessadas por dois ensaios contíguos. Dentro desta orientação realizaram-se ensaios preliminares que permitiram estabelecer experimentalmente qual a distância conveniente a adoptar, que posteriormente foi sempre respeitada.

2.4.2 — Resultados obtidos nos ensaios

Indicam-se seguidamente os resultados obtidos em ensaios realizados sobre provetes do solo em estudo segundo o esquema atrás descrito.

Os resultados referem-se a duas séries de 5 provetes cada, que se designam por S1 e S2. A primeira foi preparada com um teor de humidade de 47,0% e foi envelhecida sob a tensão de 1 kg/cm². O teor de humidade de preparação da segunda foi de 55,9% e a tensão considerada foi de 3 kg/cm². Em face dos elevados valores dos teores de humidade, as tensões de consolidação foram aplicadas por escalões sucessivos até se atingirem os valores finais.

A haste com que se procedeu aos ensaios tinha, como já foi referido, uma secção de contacto com o solo de 0,5 cm² e o seu avanço efectuava-se a uma velocidade de 0,8 mm/min.

À medida que a haste ia sendo comprimida sobre a superfície do provete, a força de reacção do solo ia sendo observada através dum anel dinamométrico. Verificou-se durante os ensaios que a evolução dessa força se processava com um tipo de andamento para deformações muito baixas e que se modificava a partir de certa altura, passando a ter uma taxa de crescimento nitidamente mais acentuada. O primeiro ramo corresponde à reacção do solo quando ainda não se verificaram fenómenos de rotura. No segundo ramo já a haste tinha penetrado no provete e a força necessária para penetração ia aumentando por efeito da compressão do solo e do atrito lateral ao longo da haste, tornando a interpretação dos resultados bastante complexa.

Para a velocidade do ensaio adoptado e para o solo em estudo, verificou-se que a primeira fase corresponde a um tempo de ensaio muito curto, sempre pouco superior a 1 mi-

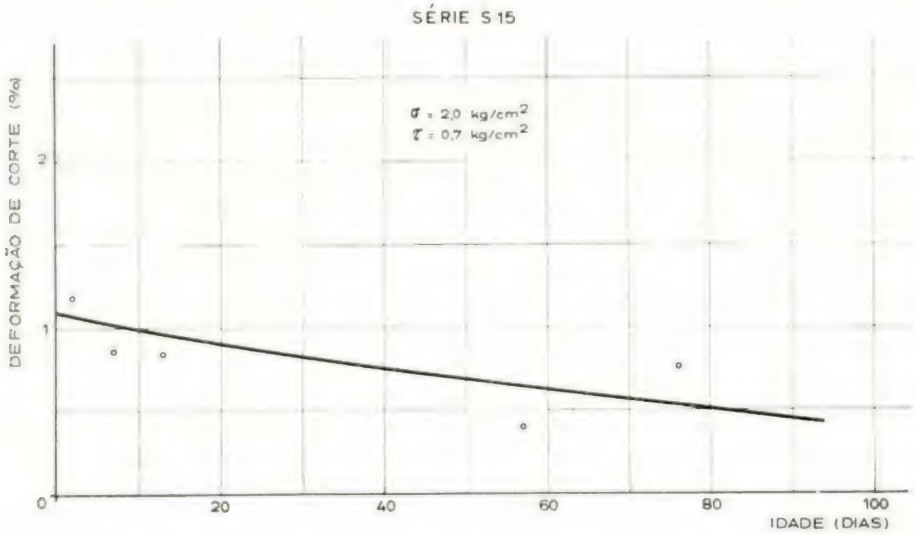
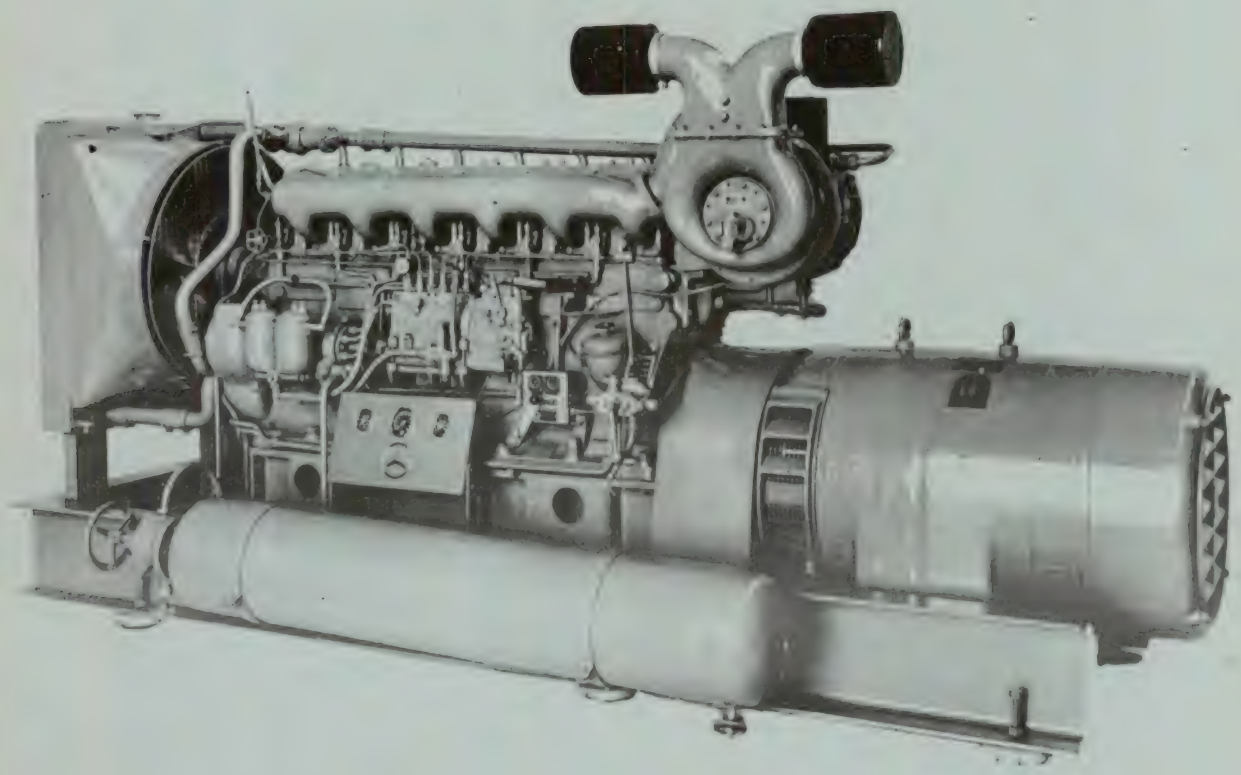



Fig. 2.19 — Ensaio de corte directo a tensão constante — Evolução com a idade das deformações de corte obtidas no primeiro escalão — Série S15

# MERCEDES-BENZ

## MOTORES DIESEL



## DE ALTA QUALIDADE E DE GRANDE RENDIMENTO PARA TODOS OS FINS

---

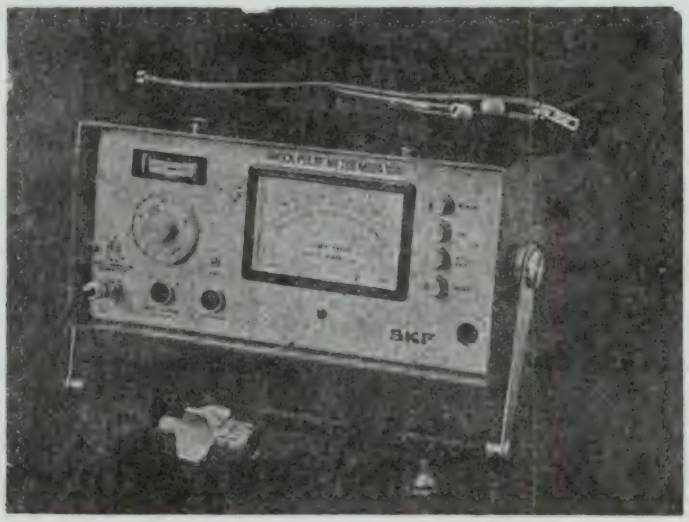
**REPRESENTANTE:**

## MENDES DE ALMEIDA, SARL

OFICINAS ESPECIALIZADAS — ARMAZÉNS — STAND VENDAS

AV. 24 DE JULHO, 52-A-G — LISBOA — TELEF. 667710

NOS
LABORATÓRIOS
SUBTERRÂNEOS DA
SKF UM CIENTISTA OCU-
POU-SE DURANTE ANOS A APER-
FEIÇOAR A MÁQUINA DESTINADA A RE-
VOLUCIONAR OS FUNDAMENTOS DA TECNOLOGIA
DOS ROLAMENTOS.




Se não parecemos preocupados, devíamos parecer. Este aparelho vai causar grande agitação entre aqueles que lidam com rolamentos e são muitas mais pessoas do que as que podemos imaginar. Este é o primeiro sistema que permite o controle do estado dum rolamento e que pode prever com certa antecedência uma futura avaria. Em primeiro lugar, vai ajudar o utilizador dos rolamentos, pois irá indicar quando e porque se devem substituir. Vai ajudar, também, os nossos concorrentes, pois os seus clientes podem avisá-los com uma certa antecedência de que vão ter que substituir um rolamento. Enfim, a manutenção preventiva atingiu uma nova era.

Se quer saber mais pormenores, informe-se na

**SKF**

LISBOA
PRAÇA DA ALEGRIA, 66-A TELEF.: 362301 TELEGR.: ESKAEF

PORTO
RUA DELFIM FERREIRA, 604 TELEF.: 99 20 54 TELEGR.: ESKAEF

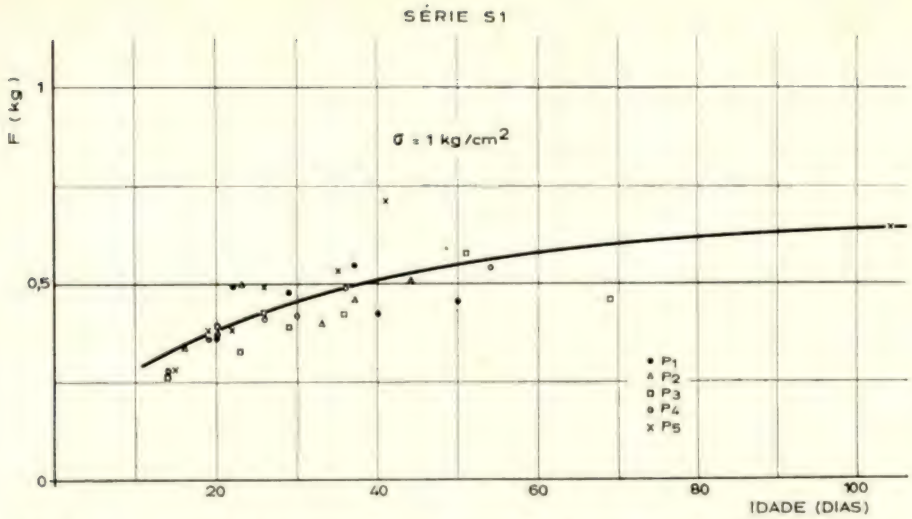



Fig. 2.20 — Ensaio de punçoamento — Evolução das forças mobilizadas em função da idade — Série S1

nuto. Deste modo passou-se a fazer a comparação da resistência oferecida pelos provetes ao fim de diferentes idades para tempos de ensaio iguais a 1 minuto.

Nas figuras 2.20 e 2.21 apresentam-se os resultados obtidos nesses ensaios. Em ordenada encontram-se marcados os valores da força exercida pela haste sobre o solo ao fim do tempo de ensaio considerado, ou seja, 1 minuto.

Da observação destas figuras, concluíu-se que a força exercida pela haste e portanto a resistência oferecida pelo solo vai aumentando com a idade pos provetes. Assim, no período que decorreu entre as idades de 10 e 100 dias, aproximadamente, os provetes responderam com resistências correspondentes a forças na haste que subiram de 0,30 kg para 0,65 no caso de a tensão sob a qual se produziu o envelhecimento ser igual a 1 kg/cm². Em idênticas condições e no mesmo período de envelhecimento, mas para uma tensão de consolidação de 3 kg/cm², o aumento observado foi de 0,9 kg para 2,0 kg.

## 3 — INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NOS ENSAIOS

Em todos os ensaios realizados os provetes foram submetidos à acção de tensões com elevada componente hidrostática que foram

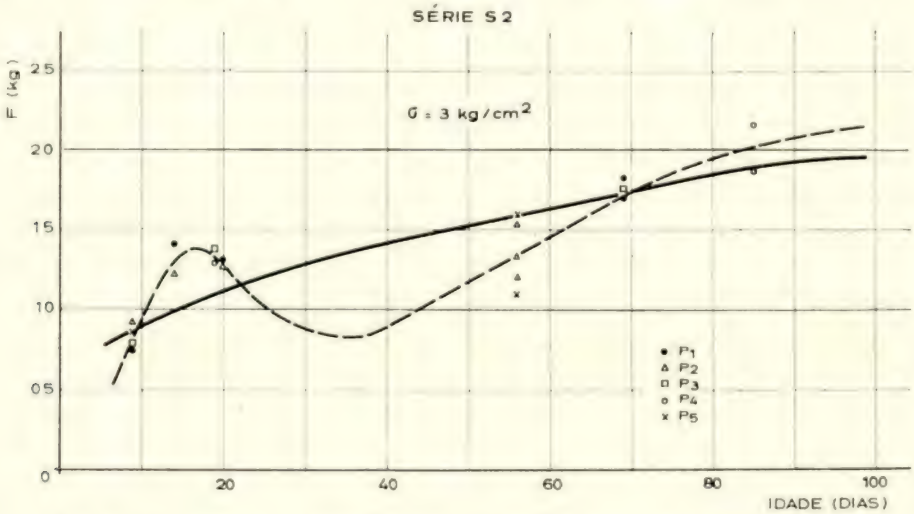



Fig. 2.21 — Ensaios de punçoamento — Evolução das forças mobilizadas em função da idade — Série S2

mantidas durante períodos de tempo mais ou menos longos.

Sob a acção dessas tensões os provetes sofreram consolidação tendo-se contudo verificado que, para o solo considerado no presente estudo, é mínimo o efeito da consolidação secundária. Na verdade, as deformações volumétricas operadas após as primeiras 24 horas foram sempre muito reduzidas. Apesar disso os ensaios de provetes com diferentes idades revelaram que as características mecânicas do solo foram nìtidamente influenciadas pelo tempo de actuação que se convencionou designar por idade do respectivo provete. Concluíu-se portanto que, mesmo a índice de vazios pràticamente constante, se operaram modificações dentro do próprio solo responsáveis por essas diferenças de comportamento.

É no entanto de realçar que as diferenças observadas são apenas bem marcadas para os primeiros estágios de deformação distorsional, portanto quando se considera a zona do campo tensões-deformações longe da rotura. À medida que esta se vai aproximando, a diferença entre provetes de idades diferentes atenua-se ràpidamente. Acontece até por vezes que provetes mais velhos, apesar de exibirem maiores resistências na zona das pequenas deformações, acabam por ser aqueles que piores respostas dão para estados de deformação muito adiantados.

Tem-se então que as modificações operadas no solo apresentam duas características importantes: processam-se a índice de vazios pràticamente constante e evanescem ràpidamente com a deformação.

O estudo do mecanismo segundo o qual se produzem essas modificações constitui um ponto importante para a compreensão do fenómeno de envelhecimento e para a explicação dos resultados obtidos nos ensaios. Acontece porém que um estudo deste tipo obriga a trabalhos de observação directa da estrutura do solo, de forma a que ela possa ser definida num dado instante e seguida a sua evolução ao longo do tempo, procurando, se possível, quantificá-la para depois a relacionar com observáveis obtidos em ensaios do tipo dos realizados.

Um trabalho desta índole envolve o recurso a equipamentos e a técnicas de observação que só muito recentemente se vão utilizando no campo da Mecânica de Solos, e que não foi possível ainda empregar no presente estudo. Por esse motivo não há, de momento, possibilidade de fundamentar uma explicação do fenómeno do envelhecimento em observações directas da estrutura. Parece contudo oportuno fazer algumas considerações em torno dos resultados dos ensaios efectuados, formulando hipóteses relativas a alterações estruturais baseadas nas determinações indirectas obtidas através dos ensaios realizados.

Experimentalmente verificou-se que, ao longo do tempo, se operaram modificações que tornaram o solo mais resistente para pequenas deformações. Confirmaram assim os ensaios a existência de ligações entre partículas que devem corresponder às que são citadas por Leonard e Ramiah (1959), Bjerrum e Wu (1961), Denisov (1963) e Bjerrum e Lo (1964).

Quanto à natureza dessas ligações, os ensaios parecem indicar que elas devem ser fortemente influenciadas por modificações estruturais relacionadas com rearrumos e reorientações das partículas que constituem o solo. Com efeito, é difícil conciliar o tipo de comportamento observado com outra forma de ligação. Não é possível, por exemplo, procurar a explicação das ligações desenvolvidas com base só em fenómenos do tipo daqueles que servem para explicar a coesão dos solos. É que neste tipo de fenómenos as ligações resultantes da passagem de barreiras de energia são muito fortes, sendo necessário mobilizar considerável energia para as anular. Ora isto é incompatível com o facto de as ligações detectadas nos ensaios desaparecerem por acção duma pequena deformação distorsional. Estes efeitos somar-se-ão portanto aos que foram detectados, sendo responsáveis por ligações de cimentação que se tornarão relevantes a mais longo prazo.

Dentro da hipótese de se verificarem efectivamente esses rearrumos de partículas, é possível imaginar uma explicação dos resultados encontrados com base num esquema idêntico ao indicado por Geuze (1964). Considerem-se então duas partículas argilosas

rodeadas pelas camadas de água adsorvida ocupando inicialmente no provete posições como as que se indicam na figura 3.1 a).

Sendo as cargas eléctricas negativas ao longo das faces e positivas nos bordos, verifica-se uma atracção entre o bordo duma das partículas e a superfície da outra. Este facto, combinado com a repulsão resultante das cargas negativas das faces de ambas as partículas, tende a fazê-las rodar do modo que se esquematiza em 3.1 b). A rotação vai originando um decréscimo das forças repulsivas por aumentar a distância média entre elas e, consequentemente, há uma tendência para diminuir a distância bordo-face. Deste modo verifica-se um aumento da resistência dessa ligação. Isto contudo só é possível à custa da remoção de alguma quantidade de água adsorvida das camadas mais externas a qual, sendo comprimida, sofre deformações viscosas à medida que se dá a aproximação entre o bordo e a face.

Quando as duas partículas se encontram na posição esquematizada em 3.1 c, isto é quando o ângulo entre elas é de 90°, a força repulsiva será mínima. Nestas condições, o balanço de todas as forças actuantes conduzirá ao máximo valor possível da atracção e a ligação entre as partículas será a mais forte, considerando todas as orientações possíveis.

De acordo com este esquema, o efeito de envelhecimento seria resultante deste aumento gradual da força atractiva por rotação relativa das partículas.

Como é evidente, este rearrumo pode ser feito a volume constante. Há contudo a possibilidade de uma muito reduzida variação do índice de vazios resultante da passagem de algumas moléculas de água adsorvidas a água livre. Este facto pode ser responsável pelo assentamento, ainda que muito diminuto, que, como se referiu, foi verificado durante a fase de envelhecimento. Com efeito, ao dar-se a compressão das camadas de água adsorvida de ambas as partículas, uma de encontro à outra, há como se disse um certo movimento dessas moléculas, se bem que muito lento, por se tratar dum material muito viscoso. Sendo assim, é possível que em moléculas das camadas mais externas, portanto ligadas à partícula por forças não muito elevadas, sejam essas forças ainda mais diminuídas por efeito dum aumento da distância à partícula. Algumas dessas moléculas poderão eventualmente passar ao estado de água livre acabando por ser expulsas pela fronteira do provete. É de admitir que a quantidade de água assim expulsa seja muito pequena e daí o facto de o índice de vazios se manter pràticamente constante.

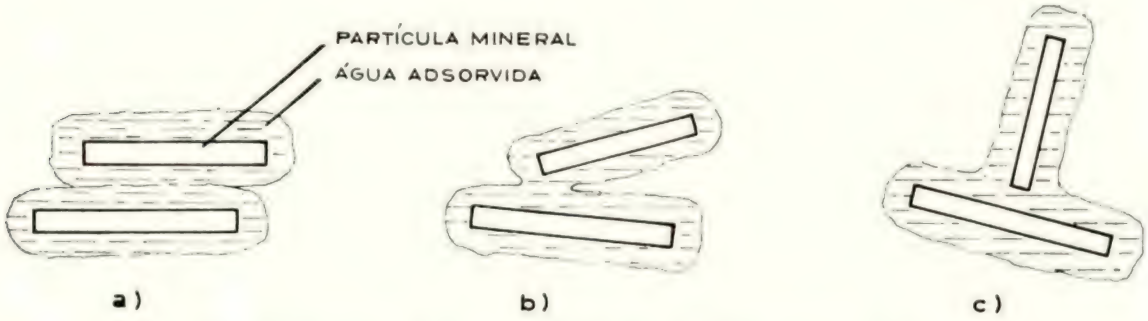



Fig. 3.1 Evolução da posição relativa das partículas argilosas durante o envelhecimento

Considere-se agora um par de partículas que está seguindo uma evolução do tipo da apresentada e ao qual é aplicada uma tensão de corte como se indica em 3.2.

A ligação existente entre as partículas, que foi sendo estabelecida pelo envelhecimento, permite-lhes resistir à solicitação considerada em condições tanto melhores quanto mais adiantado se encontrar o processo de envelhecimento.

Se a tensão aplicada for suficientemente baixa, a ligação existente nesse momento pode

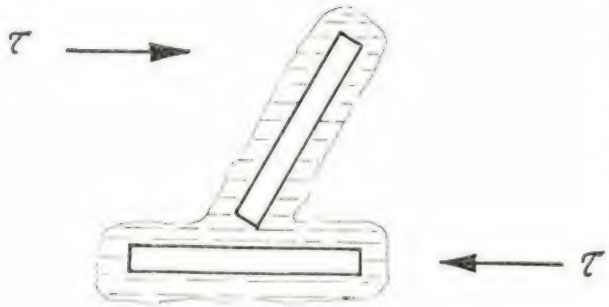



Fig. 3.2 — Actuação duma tensão de corte sobre um par de partículas

ser capaz de lhe fazer face e as partículas manterão as posições relativas pràticamente inalteráveis. Contudo, se a tensão distorsional for elevada, quando comparada com a força de ligação, pode acontecer que as partículas sejam forçadas a rodar uma em relação à outra. Então, imediatamente as forças repulsivas aumentam e tanto mais quanto maior a rotação. Entra-se assim num processo inverso ao do envelhecimento acabando as partículas por assumir posições idênticas às iniciais quando se instalarem grandes deformações.

Mas como um solo é constituído por um conjunto de muitas partículas que simultâneamente passam por evoluções do tipo da que se referiu, é necessário encarar o seu comportamento dum ponto de vista estatístico. Ao longo duma superfície potencial de corte existirão, num dado instante, partículas assumindo as mais diversas posições e portanto com estados de rearrumo muito diferentes. Nestas condições pode até admitir-se que uma pequena percentagem tenha evoluído de forma a tornar tão fortes as ligações e ela associadas que por si só sejam capazes de ir resistindo a sucessivos aumentos de tensão. Um acréscimo para além dum certo limite pode contudo anular essas ligações sem dar tempo à formação de novos arrumos, originando um fenómeno de rotura progressiva que pode estar na base de resultados obtidos. Na realidade, para grandes deformações, provetes mais velhos manifestavam pior comportamento do que outros mais jovens.

Num esquema interpretativo como o que acaba de ser referido, é de prever que o fenómeno se deva processar até mesmo quando não actua nenhuma tensão durante a fase de envelhecimento. Apesar disso foi notada uma influência do valor dessa tensão na taxa de crescimento da resistência com a idade, como se pode verificar no Quadro 2.6. Com efeito, para os valores da tensão explorados, que foram 3 e 12 kg/cm², conclui-se que a taxa de aumento de resistência é nìtidamente superior para o caso da tensão de 12 kg/cm². É compreensível que assim aconteça uma vez que quanto maior for a tensão maior será o grau de aproximação das partículas do solo, o que facilita a evolução dum processo do tipo do exposto. De notar contudo que, na comparação dos valores obtidos para os casos das tensões verticais de 3 e 12 kg/cm², se deve ter em atenção a diferença entre as velocidades de ensaios, como já anteriormente foi referido. Sendo a velocidade correspondente à tensão $\sigma = 12$ kg/cm² inferior à que corresponde à tensão de 3 kg/cm², é de prever que elas fossem iguais as diferenças observadas seriam mais acentuadas. No entanto, em face das pequenas diferenças de velocidade em questão os efeitos viscosos devem ser desprezáveis.

Os ensaios às velocidades de deformação imposta das séries S2, S3 e S4 mostraram que embora o envelhecimento se tivesse dado sob a mesma tensão vertical, os valores obtidos para a última daquelas séries são bastante diferentes dos correspondentes às outras duas. Com efeito, na série S4, os acréscimos de resistência em 200 dias, para deformações da ordem de 0,1%, são aproximadamente metade dos observados nas séries S2 e S3, conforme se pode ver no Quadro 2.6. A explicação deste facto está provàvelmente ligada ao elevado teor de humidade do fabrico daqueles provetes. Na verdade, tal como fazem notar Seed e Chan (1959), os provetes compactados com teores de humidade superiores ao óptimo ficam com estruturas do tipo disperso com as partículas bastante alinhadas. Nestas condições, o início do processo de envelhecimento segundo o esquema proposto deve fazer-se a uma velocidade muito mais lenta do que no caso de se partir duma distribuição de partículas mais irregular com uma larga gama de valores dos ângulos entre partículas.

Nas considerações até agora apresentadas não se fez qualquer referência ao facto de as dimensões das partículas serem em geral muito diferentes umas das outras dentro do mes-

mo solo. Este facto pode ter contudo repercussões importantes no comportamento do conjunto. Considere-se, por exemplo, duas partículas de dimensões muito diferentes mas ambas com geometria lamelar característica dos minerais argilosos. É razoável admitir que a espessura de ambas as lamelas seja idêntica. Numa geometria deste tipo, quando se passa da partícula maior para a menor, a área dos bordos é proporcionalmente muito menos reduzida do que a das faces. Com efeito, enquanto a primeira é proporcional ao raio médio das faces, a segunda é proporcional ao seu quadrado. Resulta então que, quando se consideram partículas nestas condições em vez de partículas de dimensões idênticas, as atracções do tipo bordo-face são reduzidas de uma quantidade proporcionalmente menor do que as repulsões entre as respectivas faces. Sendo assim, o balanço geral de todas as forças é mais marcadamente atractivo do que no caso de partículas com as mesmas dimensões. Haverá então tendência para as partículas mais pequenas serem as primeiras a orientar-se em torno das maiores, o que cria uma sequência de arrumo condicionado pelas dimensões.

Os provetes inicialmente devem apresentar uma certa uniformidade estatística baseada numa distribuição errática de dimensões e orientações de partículas. A essa situação corresponde um dado valor médio das forças de ligação que dará origem a uma certa resistência ao corte ao longo duma superfície. O envelhecimento, provocando o aparecimento de ligações mais fortes, faz aumentar contìnuamente a resistência das ligações para o conjunto de todo o provete, o que contudo não quer dizer que aumente do mesmo modo constantemente a sua resistência ao corte ao longo dessa superfície. É que num dado instante, ou seja, para uma dada idade, apesar da resistênica média de todas as ligações ser superior à que existia para idades inferiores, pode acontecer que surjam superfícies muito mais resistentes a par de outras menos resistentes do que as que existiam inicialmente. Nestas condições, os provetes podem ser levados à rotura à custa de tensões relativamente baixas desde que a superfície de rotura se possa inscrever ao longo de zonas enfraquecidas. É evidente contudo que, embora momentâneamente se possa verificar um enfraquecimento ao longo duma superfície potencial de corte, a tendência será sempre para um aumento de resistência.

Ao longo de todo o trabalho experimental notou-se um efeito que se julga poder ser explicado pelo que acaba de se referir. Com efeito, em todos os tipos de ensaios realizados verificou-se que tanto a resistência ao corte como a deformabilidade não seguiam uma evolução sempre no mesmo sentido, antes se notando uma variação ora crescente ora decrescente que dá como resultado um tipo de andamento ondulado que se pretende evidenciar com as linhas a tracejado das figuras 2.4, 2.17, 2.18 e 2.21.

A explicação deste tipo de comportamento foi inicialmente atribuída a pequenas diferenças entre os provetes. A acumulação dos resultados acabou porém por levar à conclusão de que não era possível estabelecer nenhuma relação entre essas diferenças e as ondulações, sendo por isso necessário encontrar outra justificação o que levou à hipótese agora formulada.

Tudo o que acaba de ser referido constitui uma série de hipóteses de explicação do fenómeno de envelhecimento dos solos formuladas a partir ùnicamente dos observáveis nos ensaios realizados. Como é evidente, interessará averiguar, no futuro, até que ponto tais hipóteses serão verdadeiras, o que se julga só poder vir a ser conseguido mediante observações directas da estrutura dos solos.

## 4 — CONCLUSÕES

Do estudo que acaba de ser apresentado podem extrair-se algumas conclusões que resumidamente se passam a referir.

— Do ponto de vista da deformabilidade verificou-se, em ensaios edométricos de provetes envelhecidos sob tensão de perto de 2 kg/cm² durante cerca de 3 meses, que eles adquiriram características que lhes permitiram suportar a elevação daquela tensão para cerca de 4 kg/ /cm² com uma deformação que se cal-

culou como sendo apenas de 60% da que seria de esperar no caso de não ter havido envelhecimento;

- Em ensaios de corte directo a velocidade de deformação imposta, verificou-se que na zona das pequenas deformações, para produzir o mesmo nível de deformação, foi preciso mobilizar tensões de corte que são tanto mais elevadas quanto maior é a idade dos provetes. Com efeito, para provocar a deformação distorsional de 0,1% verificou-se que, sendo a tensão vertical igual a 3 kg/ /cm², foi necessário aplicar tensões de corte que em 200 dias aumentaram de 71%, 75% e 32% nas três séries consideradas. Sendo a tensão normal de 12 kg/cm², em igual período, os aumentos observados cifram-se em 356% e 310%;
- Em ensaios de corte directo a tensão constante, as deformações obtidas pela aplicação duma dada tensão inferior à de rotura diminuíram com a idade. Assim, em 2 meses, provetes submetidos a envelhecimento sob a tensão de 2 kg/ /cm² tiveram reduções de 1,1% para 0,6% nas deformações produzidas pela actuação da tensão de corte de 0,7 kg/ /cm². No mesmo período de envelhecimento mas para tensões $\tau = 3$ kg/cm² e $\tau = 1$ kg/cm² as reduções observadas foram de 1,4% para 0,9%, numa das séries ensaiadas, e de 1,8% para 1,3% noutra;

Finalmente e sintetizando pode dizer-se que:

- A actuação prolongada duma tensão predominantemente hidrostática sobre o solo estudado produziu alterações no seu comportamento apesar de o índice de vazios se ter mantido pràticamente constante;

  Os efeitos das alterações observadas são particularmente sensíveis nos primeiros estágios de deformação distorsional, portanto quando se considera a zona do campo tensões-deformações longe da rotura. À medida que a deformação aumenta, as diferenças de comportamento vão-se atenuando muito ràpidamente, deixando em muitos casos de se fazer sentir para as zonas já próximas da rotura;
- A interpretação feita dos resultados que acabam de ser resumidos parece indicar que eles devem ser o reflexo de modificações estruturais relacionadas com a reorientação de partículas de argila de solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


BJERRUM, L. and LO, K. Y., 1964 — «Effect of aging on the shear-strengh properties of a normally consolidated clay». Norwegian Geotechnical Institute. Publication no 57.

BJERRUM, L. and WU, T. H., 1961 — «Fundamental shear strengh properties of the Lilla Edet clay». Norwegian Geotechnical Institute. Publication no 38.

DENISOV, N.Y. DURANTE, V. A. and KHAZANOV, M. I., 1963 — «Studies of changes of strengh and compressibility of hydraulically filled sands in time». Proceedings on European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Wiesbaden.

GEUZE, E. C. W. A., 1964 — «Rheological an mechanical models of saturated clay particle systems». Symposium on Rheology and Soil Mechanics. Grenoble.

GUEDES DE MELO, F., 1969 — «Efeito do tempo nas características mecânicas dos solos» (Tese). L. N. E. C., Lisboa.

LEONARD, G. A. and RAMIAH, B. K., 1959 — «Time effects in the consolidation of clay». ASTM Special Technical Publication no 254.

MITCHELL, J. K., 1960 — «Fundamental aspects of thioxotropy in soils». Proceedings ASCE, Vol. 86, no SM 3.

SEED e CHAN, 1959 — «Thixotropic characteristics of compacted clay». Proceedings ASCE, Vol. 85, no SM 2.

# Resumo dos artigos publicados na Técnica n.º 412

## Ano XLVI — Novembro 1971

Aires - Barros e R. C. Graça — C. D. U. 550.41 : 542.1/4 : : 624.131.25

A PERCOLAÇÃO FORÇADA DE ÁGUA ATRAVÉS DAS ROCHAS E A PREVISÃO DE ALTERABILIDADE

Técnica N.º 412 — XLVI — 11.1971, pág. 59 - 72

Procura-se avaliar a reactividade água-rocha por meio da percolação forçada de água através das rochas. Para isso foi projectado e construído um percolador de altas pressões que se descreve.
Ensaiaram-se vários tipos de rochas ígneas, tendo-se determinado as respectivas permeabilidades à água em regime forçado. Dosearam-se, também, os catiões $Na^+$ e $K^+$ dos líquidos percolados. Caracterizaram-se, ainda, as rochas estudadas por meio das suas porosidades e permeabilidades ao ar.
Apresentam-se curvas das variações, no tempo, das permeabilidades à água em regime forçado e da mobilização catiónica, tentando-se a sua interpretação geoquímica.

Cesar Sequeira — C. D. U. 621.357

MODOS DE OBTENÇÃO DE UM DEPÓSITO METÁLICO COM ESPESSURA UNIFORME E MÉTODOS DE MEDIÇÃO DAS EFICIÊNCIAS DE DISTRIBUIÇÃO DOS BANHOS ELECTROLÍTICOS

Técnica N.º 412 — XLVI — 11.1971, pág. 85 - 89

Revêm-se os métodos experimentais usados na determinação do poder de repartição dos banhos de galvanostegia; mais atenção é dada aos métodos devidos a «Haring-Blum» e a «Hull».

Mário Nina — C. D. U. 536.2.081 : 536.711

THE EFFECTIVENESS OF A TWO-DIMENSIONAL FILM-COOLING SLOT WITH TAPERED LIP

Técnica N.º 412 — XLVI — 11.1971, pág. 73 - 75

Medidas do coeficiente de temperatura relativa a uma superfície adiabática arrefecida por um jacto parietal são apresentadas para diferentes valores do ângulo de bisel do lábio superior e a influência deste ângulo é discutida.

A. Comprido e A. Leite — C. D. U. 532.526.4

ENSAIOS EM CAMADA LIMITE TURBULENTA AO LONGO DUMA PLACA PLANA COM GRADIENTE DE PRESSÃO NULO

Técnica N.º 412 — XLVI — 11.1971, pág. 91 - 104

Apresentam-se os resultados obtidos numa série de ensaios no túnel de camada limite do N. E. E. M.. Determinam-se os perfis de velocidade em várias estações ao longo do troço de saída do túnel, junto à placa que constitui a parede inferior. Em particular, procurou-se determinar a influência de sucção e de dois agentes de turbulência (lixa de madeira de larguras diferentes) no tipo de perfil.
Conclui-se que o efeito de sucção é sensìvelmente variável para $l \leq 1$ cm e a utilização dos agentes de turbulência permite obter perfis mais desenvolvidos para os mesmos valores de x.

Correia Mineiro — C. D. U. 550.34 : 361.91 (469)

PLANEAMENTO NACIONAL ANTISISMICO

Técnica N.º 412 — XLVI — 11.1971, pág. 77 - 84

Faz-se uma pequena síntese das consequências catastróficas de sismos importantes e dos respectivos impactos sócio-económicos. Esquematiza-se a investigação no campo das ciências sísmicas e as suas relações com as aplicações práticas em engenharia civil.
Aborda-se o problema do planeamento para defesa anti-sísmica mostrando a sua importância e a da préorganização de acções de emergência. Refere-se sucintamente o recente interesse na previsão de ocorrência de sismos, quer no espaço, quer no tempo.
Em face da regulamentação portuguesa anti-sísmica tecem-se algumas considerações gerais em relação ao dimensionamento de estruturas e à reparação de edifícios danificados por sismos.
Propõem-se algumas medidas para um planeamento nacional anti-sísmico, pondo-se em dúvida que as actuais sejam suficientemente eficazes.

Guedes de Melo — C. D. U. 624.131.43

EFEITO DO TEMPO NAS CARACTERISTICAS MECANICAS DOS SOLOS

Técnica N.º 412 — XLVI — 11.1971, pág. 105 - 116

No presente trabalho faz-se o estudo da evolução das características mecânicas dum solo quando submetido à actuação prolongada duma tensão predominante hidrostática. Estudos experimentais efectuados com um dado solo mostraram que naquelas condições e não obstante o índice de vazios se ter mantido pràticamente constante, se produziram alterações sensíveis no seu comportamento.
As alterações observadas são particularmente sensíveis para a zona das pequenas deformações, atenuando-se ràpidamente à medida que a rotura se aproxima.
A explicação do fenómeno é atribuída a modificações estruturais relacionadas com reorientações das partículas do solo.

# Synopsis of articles published in «Técnica» n° 412

## XLVI — November 1971

Cesar Sequeira U. D. C. 621.357

WAYS OF OBTAINING A METALLIC DEPOSIT WITH UNIFORM THICKNESS AND METHODS MEASURING THE DISTRIBUTION EFFICIENCIES OF ELECTROLYTIC BATHS

Técnica N.° 412 — XLVI — 11.1971, pág. 85 - 89

Experimental methods to estimate throwing power of an electroplating bath are revised; further attention is given to those well known due to «Haring-Blum» and «Hull».

Aires - Barros and R. C. Graça U. D. C. 550.41 : 542.1/4 : : 624.131.25

THE FORCED PERCOLATION OF WATER THROUGH ROCKS AND A PREVISION OL ARTERABILITY

Técnica N.° 412 — XLVI — 11.1971, pág. 59 - 72

The water-rock reactivity by means of the forced percolation through the rocks is intended.
For this, high-pressure water-percolater was designed and constructed.
Several types of igneous rocks were in order to determine the forced water-permeability and also the mobilization of the $Na^+$ and $K^+$ cations removed. The figures of air porosity and permeability of these rocks are also presented. From the figures of the forced water-permeability and cationic mobilization along the time several curves were worked and geochemically interpreted.

A. Comprido and A. Leite U. D. C. 532.526.4

EXPERIMENTS ON TURBULENT BOUNDARY LAYER ALONG A FLAT PLATE WITHOUT PRESSURE GRADIENT

Técnica N.° 412 — XLVI — 11.1971, pág. 91 - 104

The results of some experiments in the boundary layer wind tunnel of the N. E. E. M. are reported. The velocity profiles are determined along several stations in the working section of the tunnel, near the lower flat plate. Particulerly were investigated the infiuence of suction and two different turbulence agents (sand paper trips) on velocity profiles.
We found that the effect of suction varies to $l \leq 1$ cm and the use of turbulence agents permits to obtain more developed profiles for the same value of x.

Mário Nina U. D. C. 536.2.081 : 536.711

THE EFFECTIVENESS OF A TWO-DIMENSIONAL FILM--COOLING SLOT WITH TAPERED LIP

Técnica N.° 412 — XLVI — 11.1971, pág. 73 - 75

Measurements of adiabatic-wall effectiveness downstream of a two-dimensional film-cooling slot with tapered lip are presented and the influence of the angle of taper discussed.

Guedes de Melo C. D. U. 624.131.43

TIME EFFECT ON MECHANICAL CHARACTERISTICS OF A SOI

Técnica N.° 412 — XLVI — 11.1971, pág. 105 - 116

The presente paper studies the evolution of the mechanical characteristics of a soil under a long-term predominantly hydrostatic stress.
Experimental studies on specimens of a given soil subjected to this load, showed appreciable changes in the behaviour of the specimens although the void ratio remained pratically constant.
The changes observed are particularly marked in the zone of small deformations and decrease very fast as rupture aproaches.
This fact is ascribed to structural changes connected with the reorientation of soil particles.

Correia Mineiro U. D. C. 550.34 : 361.91 (469)

NATIONAL ANTISEISMIC PLANING

Técnica N.° 412 — XLVI — 11.1971, pág. 77 - 84

The most important earthquake hazards are related.
It is shown how investigation on seismic sciences is related to pratical uses in civil engineering works.
The importance of planning before an earthquake and emergency action after the event is emphasized, and the recent interest in earthquake previsions is described.
An improvement in the portuguese regulations is shown to be desirablé, and recomendations are proposed for a national planning in order to reduce earthquake hazards.

# BIBLIOGRAFIA

## ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. U. 512 : 517

Espaços de Hilbert e problemas de valores de fronteira — *F. R. Dias Agudo*
Revista de C. Mat. da Un. de L. M. 1970 vol. 1, pág. 1-67

C. D. U. 517 : 532.5

Exact solution of the Navier-Stokes equations for a compressible gas — *A. P. Byrkin*
P. M. M. 9-1969, vol. 33, N.° 1, pág. 152.

C. D. U. 521.6 : 517.5

On the steady motions of a gyrostat satellite — *S. Ia Stepanov*
P. M. M. 9-1969 vol. 33, N.° 1, pág. 121.

C. D. U. 531.2 : 532 : 51

Statistical — Mechanics of gas suspensions. A quasi--Isotropic model — *In. A. Buevich*
P. M. M. 9-1969 vol. 33, N.° 1, pág. 19.

C. D. U. 531.31 : 51

On the stability of the triangular liberation points in the circular bounded three - body problem — *A. P. Markeev*
P. M. M. 9-1969, vol. 33, N.° 1, pág 105

C. D. U. 531.43 : 539.377

On thermoelastic stability with sliding friction — *N. V. Slonovskii*
P. M. M. 9-1969, vol. 33 N.° 1, pág. 117.

C. D. U. 532 : 531.51 : 51

The problem of small motions of a body with a cavity partially filled with a viscous flid — *S. G. Krein, Ngozui Kan*
P. M. M. 9-1969, vol. 33, N.° 1, pág. 160.

C. D. U. 532.12 : 51

The integral equation of certain dynamic contact problems of elasticity theory and mathematical phisics — *V. A. Babeshko*
P. M. M. 9-1969, vol. 33, N.° 1, pág. 40.

C. D. U. 532.12 : 51

Asymptotic solution of the contact problem for a thin elastic layer — *V. M. Alensandrov*
P. M. M. 9-1969, vol. 33, N.° 1, pág. 49.

C. D. U. 532.12 : 532.58 : 51

Aspects proprement hidrodynamiques des phénomènes hydroelastiques et leurs conséquences quant au choix des méthods d'opprodes — *J. C. Dupond*
La Houille Blanche, 5-1971 pág. 401.

C. D. U. 532.13 : 51

Some general properties of the equations of viscoelastic incompressible fluid dynamics — *I. M. Rutkevich*
P. M. M. 9-1969, vol. 33, N.° 1, pág. 30.

C. D. U. 532.135

Visco-elastic liquid flows at higher shear stresses — *V. I. Popov*
J. Eng. Phys, 20, 918 (1971).
Redigido em Russo

C. D. U. 532.5 : 534 — 6 : 517.5

Convexity of shock wave in the subsonic segment in plane flow — *E. G. Shifrin*
P. M. M. 9-1969, vol. 33, N.° 1, pág. 158.

C. D. U. 532.5 : 537.2 : 517.5

One-dimensional flows in electrohydrodynamics — V. V. *Gogosov; V. A. Polianskii; I. P. Semenova;*
P. M. M. 11-1969, vol. 33, N.° 2, pág. 218.

C. D. U. 532.517 : 536.3

Flow in a laminair bounding-layer with intense injection and radiation heat transfer — *A. M. Golovin e E. D. Sergievsky*
J. Eng. Phys, 20, 884 (1971).
Redigido em Russo

C. D. U. 532.7 : 517.5

Calculating the efective diffusion coefficients in a aminar dissociated multicomponente boundary layer — *G. A. Tirskii*
P. M. M. 9-1969, vol. 33, N.° 1, pág. 184.

C. D. U. 532.7 : 517.5

Diffusive mass transfer in a stationary layer of a granulated material — *In. A. Berman; R. F. Nagaev*
P. M. M. 11-1969, vol. 33, N.° 2, pág. 211.

C. D. U. 532.72

Effect of liquid pulsations on the efficiency of ivhite layer applications — *G. A. Akselrud e S. M. Gumnistsky*
J. Eng. Phys, 20, 867 (1971).
Redigido em Russo

C. D. U. 533.2 : 621 — 24 : 517.5

Motion of a heat-conducting gas acted on by a heat-insulated expanding piston — *Ia. G Sapunknov*
P. M. M. 9-1969, vol. 33, N.° 1, pág. 171.

C. D. U. 533.601.16

Temperature of adiabatic surface at a vortex boundary--layer — *M. G. Morozov*
J. Eng. Phys., 20, 903 (1971).
Redigido em Russo

C. D. U. 533.607.11

Some similarity parameters in supersonic jet propagation in a step channel — *B. A. Balamin*
J. Eng. Phys, 20, 898 (1971).
Redigido em Russo

C. D. U. 534.01 : 532 : 517.5

Three-dimensional running waves in a barotropic gas — *A. F. Sidorov; O. B. Khairullina*
P. M. M. 9-1969, vol. 33, N.° 1, pág. 170.

# Já pensou...

... que o seu anúncio
é muito eficaz se for
publicado na revista que
os seus clientes lêem?
Os milhares de exemplares
de cada número da nossa revista
são lidos por engenheiros
e técnicos, por pessoas ligadas
à indústria, à investigação, ao
ensino, pelos seus clientes,
em suma. Consulte-nos

técnica REVISTA DE ENGENHARIA

Avenida Rovisco Pais • Lisboa 1 • Telef. 731549

SOCIEDADE DE CONSTRUÇÕES

**AMADEU GAUDÊNCIO**

LIMITADA

SEDE — R. ALEXANDRE BRAGA, 4-A — LISBOA
Tel. 56 00 51 — Telg. CONSTRUÇÃO
R. CASAL DO PEDRO, 7 — MASSARELOS — PORTO
Telefone 69 12 45

Mais de 50 anos de experiência

CONSTRUÇÕES
CIVIS E INDUSTRIAIS
BETÃO
ARMADO E PRÉ-ESFORÇADO
CARPINTARIA
ESTUQUES
PINTURAS

BLOCOS DE ALVENARIA
E PAVIMENTO

BETÕES DE ISOLAMENTO
E DE ENCHIMENTO

BETÕES RESISTENTES
E REFRACTÁRIOS

PRÉFABRICADOS

PAINEIS PAREDE

Leca

Leca

ARGILA EXPANDIDA

O INERTE RESISTENTE, LEVE, ISOLANTE

Leca

**ARGILEX** S. A. R. L.
Av. António Augusto de Aguiar, 150 F. 2.º E.
Telef. 4 78 62 LISBOA 1

C. D. U. 534.2 : 532 : 517.5

Influence of viscosity and heat conductivity on the propagation of Sound impulses in an inhomageneous moving medium — *G. M. Shefter*
P. M. M. 9-1969, vol. 33, N.° 1, pág. 163.

C. D. U. 534.24 : 517.5

Diffraction of a cylindrical hydroacoustic wave at the joint of two semi-infinite plates — *D. P. Kouzov*
P. M. M. 11-1969, vol. 33, N.° 2, pág. 225.

C. D. U. 535.211

Self-similar motions of a radiation-heated gas behind the absortion-initiating shock wave front — *V. M. Krol; I. V. Nemchinov*
P. M. M. 9-1969, vol. 33, N.° 1, pág. 10.

C. D. U. 536.2.081.7 : 541.6

Colorimetric study of molecular movability in filled plasticized epoxy resin — *V. P. Dushchenko e Y. N. Krasnoboky*
J. Eng. Phys, 20, 853 (1971).

Redigido em Russo

C. D. U. 536.21

Solution of unsteady-state heat conduction problems with a variable heat conduction coefficient — *V. N. Kozlov*
J. Eng. Phys, 20, 921 (1971).

Redigido em Russo

C. D. U. 536.21 : 533.59

Simulation of temperature fields in vacuum — *A. D. Vitokhin e E. M. Volf*
J. Eng. Phys, 20, 925 (1971).

C. D. U. 536.241

Determination of contact thermal resistance of sistems with wavy surfaces — *V. M. Popov e M. S. Lazarov*
J. Eng. Phys, 20, 846 (1971).

Redigido em Russo

C. D. U. 536.244 : 533.5

Study of heat transfer a flow of rarefied gas in narrow channls — *P. A. Nvikov e L. A. Shcherbakov*
J. Eng. Phys, 20 879 (1971).

Redigido em Russo

C. D. U. 536.46 : 538.6

One-dimensional stability of normal gas burning in a constant magnetic field — *A. T. Gramik*
J. Eng. Phys, 20 841 (1971).

Redigido em Russo

C. D. U. 536.5

Étude du fluxmetre a température superficialle pour mesures dans les tubes a choc — *Jean Maulard*
Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales 1969, vol. 139.

C. D. U. 539.3 : 517.5

Contact problem on the interaction between an elastic disk and two different rigid stamps — *A. V. Belokon'*
P. M. M. 9-1969, vol. 33, N.° 1, pág. 132.

C. D. U. 539.31 : 51

On the solvability of general problems for an elastic closed cylindrical shell in a nonlinear formulation — *I. I. Vorovich e G. A. Kosushkim*
P. M. M. 9-1969, vol. 33, N.° 1, pág. 64.

C. D. U. 539.31 : 517.5

On a necessary and sufficient criterion for Brittle Strength — *V. V. Novozhilov*
P. M. M. 11-1969, vol. 33, N.° 2, pág. 201.

C. D. U. 539.31 : 517.564

Remarks on the singularity of elastic solutions near corners — *A. I. Kalandiia*
P. M. M. 9-1969, vol. 33, N.° 1, pág. 127.

C. D. U. 541 : 545.821 (045) = 40

Analyse bidimensionelle d' images par transformée de Fourier en infrarouge — *D. Margerand*
Nota técnica N.° 164 (1970), do O. N. E. R. A. (França).

C. D. U. 542 : 545.81 : (045) = 20

The development of the adiabater calorimeter — *Shedan Ropperl and ychu Paraxandola*
Jornal of chemical Education 4-1971, vol. 48, N.° 4, pág. 237.

C. D. U. 542.269 : (045) = 60

Estudios sobre sulfato durabilidad — Aplicación del método Le Chatelier-Anstell a un cement portland de alto horno — *J. L. Sagresa*
Ion, 31, 281, 6-1971.

C. D. U. 546.212

A substância água e as transições de fase—*Peixoto, J .P.*
Fomento (Lisboa) 9 (4): 315-322, 1971.

C. D. U. 563.27

Developmente of transient thermal processes in layer counter-low apparatuses and heat exchanges — *F. R. Shklyar et al*
J. Eng. Phys, 20 832 (1971).

Redigido em Russo

C. D. U. 620.193.91 : 691.32

Durabilidad de los Hormigones — *José Calleja Carrete*
Inst. del Cemento Portland Argentino, 1971, vol. 58.

621.313.32 : 621.311.21 : 621.221.4 (494)

Moteurs-Alternateurs à pôles commutables pour la centrale Hydroelectrique de Ova Spin — *Paul Bandi*
Revue Brown-Boveri, 6-7-1971, vol. 57, N.° 6-7, pág. 297-302.

C. D. U. 621.313.322 : 621.311.25 : 621.039

Alternateurs pour centrales nucléaires — *Norbert Kricak e Hans Hieler*
Revue Brown Boveri, 5-1970, vol. 57, N.° 5, pág. 208-222

C. D. U. 621.314.001.1

Problemi di progetto di Grandi transformatori — *Vicenzo Gorio*
Marelli, 2.° Trim. 70, vol. 44, N.° 2, pág. 67-73.

C. D. U. 621.314.5/6 : 621.316.9

Coordimento delle protezioni nei convertitori a thyristor di potenza e criteri di calcolo delle correnti di guasto — *Emilio Cappelletto*
Marelli, 2.° Trim. 70, vol. 44, N.° 2, pág. 41-52.

C. D. U. 621.314.632 : 621.316.13

Raccordement direct des redresseurs aux réseaux alternatisf — *Dybvic, A.*
ASEA-Revue 42(1970):6, 140-142.

C. D. U. 621.315.2/.3

Câbles et lignes — *Sörenson, H.*
ASEA-Revue 42(1970):6, p. 126-129.

# Escolha a maneira mais fácil e exacta de desenhar: rotring

BIBLIOTECA DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA LISBOA

OFERTA

**rotring**

## variant

símbolo da maior precisão em desenho: precisão na espessura das linhas, traços de contornos bem definidos, excelente poder de cobertura e traçado rápido e suave.
Fácil manejo: ponteiras prontamente intermutáveis em 10 espessuras de linha.

Grande depósito transparente de tinta. Mudança rápida e limpa da cor da tinta-da-china.
Além disso, o sistema rOtring é versátil: existem compassos rOtring especiais bem como adaptadores a compassos convencionais, há escantilhões de letras e de símbolos, e mais outros acessórios.

Todos os componentes harmonizam-se perfeitamente.
Conheça o sistema rOtring. Ele transformará a sua caneta de tinta-da-china num instrumento universal de desenho.
Peça folhetos ou uma demonstração

**rotring** ***facilita o desenho***

Representante em Portugal: ARTUR WESTHEIMER, LDA. Rua Maria (aos Anjos), 48 r/c — LISBOA

C. D. U. 621.316 : 676.2.052.052 : 62 — 83

Regulación de sectores capaces de oscilar en la industria del papel — *Dieter Abrens e outros*
AEG Telefunken al dia, 1970, N.° 2, pág. 47-50.

C. D. U. 621.316.925.2

Protection différentielle longitudinale type RADHL pour câbles et lignes aériennes — *Hossbo, B. et Tömmervik, H.*
ASEA-Revue 42(1970):6, p. 133-136.

C. D. U. 621.317.2 : 621.316.5

Synthetic testing plant in the ASEA High-power Laboratory — *Bergström, L. R. and Slänttermark, A.*
ASEA Journal 43(1970):5, pp. 101-105.

C. D. U. 621.319.4

Condensateurs de puissance — *Wirsén, L. E.*
ASEA-Revue 42(1970):6, p. 130-132.

C. D. U. 621.395.12

Telephone-Switching network with mechanical latching and stored-program control — *J. A. Miguel*
Electrical Communication, 1970, vol. 45, N.° 3 pág. 186-191.

C. D. U. 621.382.004.5

Etude des Méthodes de purification supperficielle des matériaux semi-conducteurs — *Henri Schmied e Georg Ziffermayer*
Revue Brown-Boveri, 5-1970, vol. 57, N.° 5 pág. 223-226.

C. D. U. 621.391.833

Microwave link maintenance and instrumentation — *B. Catania*
Marconi instrumentation, 6-1970, vol. 12, N.° 6, pág. 106-110

C. D. U. 621.396 : 656.6

Progress in marine radiocomunication — *G. J. Mc Donald e C. S. Burnam*
Electronics & Power, 6-1970, vol. 16, N.° 6, pág. 210-216

C. D. U. 621.746.5.011 : 536.2 + 5.32.5.0015

Analytic study of temperature variation in a metal alloy flow when filling sand molds — *B. S. Chemcin*
J. Eng. Phys, 20, 872 (1971).

Redigido em Russo

C. D. U. 621.771

Il laminatoio slabbing da 48" del complesso siderurgico di gand della società sidmar — *Marcello Scotto*
Marelli, 2.° Trim. 1970, vol. 44, N.° 2, pág. 5-37.

C. D. U. 621.86.068

Kinds of motion at gravitational out flow of loose materials — *J. I. Kochanova*
J. Eng. Phys, 20, 815 (1971).

Redigido em Russo

C. D. U. 621.867.8

Displacement of loose materials over surfaces — *P. N. Plantonov e V. S. Poltorak*
J. Eng. Phys, 20, 822 (1971).

Redigido em Russo

C. D. U. 622.1 : 526.9

La mesure de distance au moyen des ondes electromagnétiques dans le domaine de la topographie minière — *Heinz Meixner*
R. Iena, 1971, N.° 3,

C. D. U. 622.785 — 83

Pelletising plant in Svappavaara, Sweden — *Westerback, .T*
ASEA Journal 43(1970):5, pp. 91-95.

C. D. U. 624.131

Directivas para a execução e interpretação de sondagens de reconhecimento — *António Pereira Cruz*
Engenho 1-3-1971, N.° 1.

C. D. U. 624.131.54

Force portante d'une Fondation sur une Pente — *J. P. Giroud*
Annales do I. T. B. T. P., 7-8-1971, N.os 283-284, pág. 129-180.

C. D. U. 624.21.04

Ponts a ossature Mixte Acier-Béton — *F. Ciolima*
Annales do I. T. B. T. P., 7-8-1971, N.° 283-284, pág. 37-72.

C. D. U. 625. : 620.164

Le contrôle sur les Chantiers Routiers — *Jeuffroy G.*
Annales do I. T. B. T. P., 7-8-1971, N.° 283-284, pág. 1-20

C. D. U. 625.37

The Victoria line and its successors — *R. M. Robins*
Electronics & Power, 6-1970, vol. 16 N.° 6, pág. 226-230

C. D. U. 625.84

Importancia de la construción de pavimentos de hormigón en la Argentina.
Pavimentos urbanos de hormigén de cemento portland (conclusion)
Cemento Hermigón, 6-1971, N.° 447, pág. 497-510.

C. D. U. 626.1 : 628.1 (673)

Estudos do Canal Calumbo-Luanda — *Moreno, B. F.*
Fomento (Lisboa) 9 (4): 273-282, 1971.

C. D. U. 656.05

Exploitation de la Route: Circulation-sécurté — Dreyfus, G.
Annales do I. T. B. T. P., 7-8-1971, N.° 283-284, pág. 21-35.

C. D. U. 656.6.05

Navigation systems: Fundamentals of low-and very-low-Frequency Hyperbolic techniques — *J. P. Van Etten*
Electrical communication- ITT, 1970, vol. 45, N.° 3, pág. 192-212.

C. D. U. 666.3 : 663.1

Una alteracion microbiana del caolin — *Marta C. Gay*
Ciência y Técnica, vol. 137, N.° 692, pág. 43-49.

C. D. U. 669.046.546.2 — 982 : 621.365.2.013.23

La méthode Bofors de désulfruration dans un four à poche sous vide ASEA-SKF — *Carlsson, L.-E., Grevillius, N. F. et Hellner, L.*
ASEA-Revue, 42(1970):6, p. 137-139.

C. D. U. 681.14

Realistic computer-generated displays — *J. A. Treece*
Electronics & Power, 6-1970, vol. 16, N.° 6 pág. 205-207

C. D. U. 691.327 : 629.12

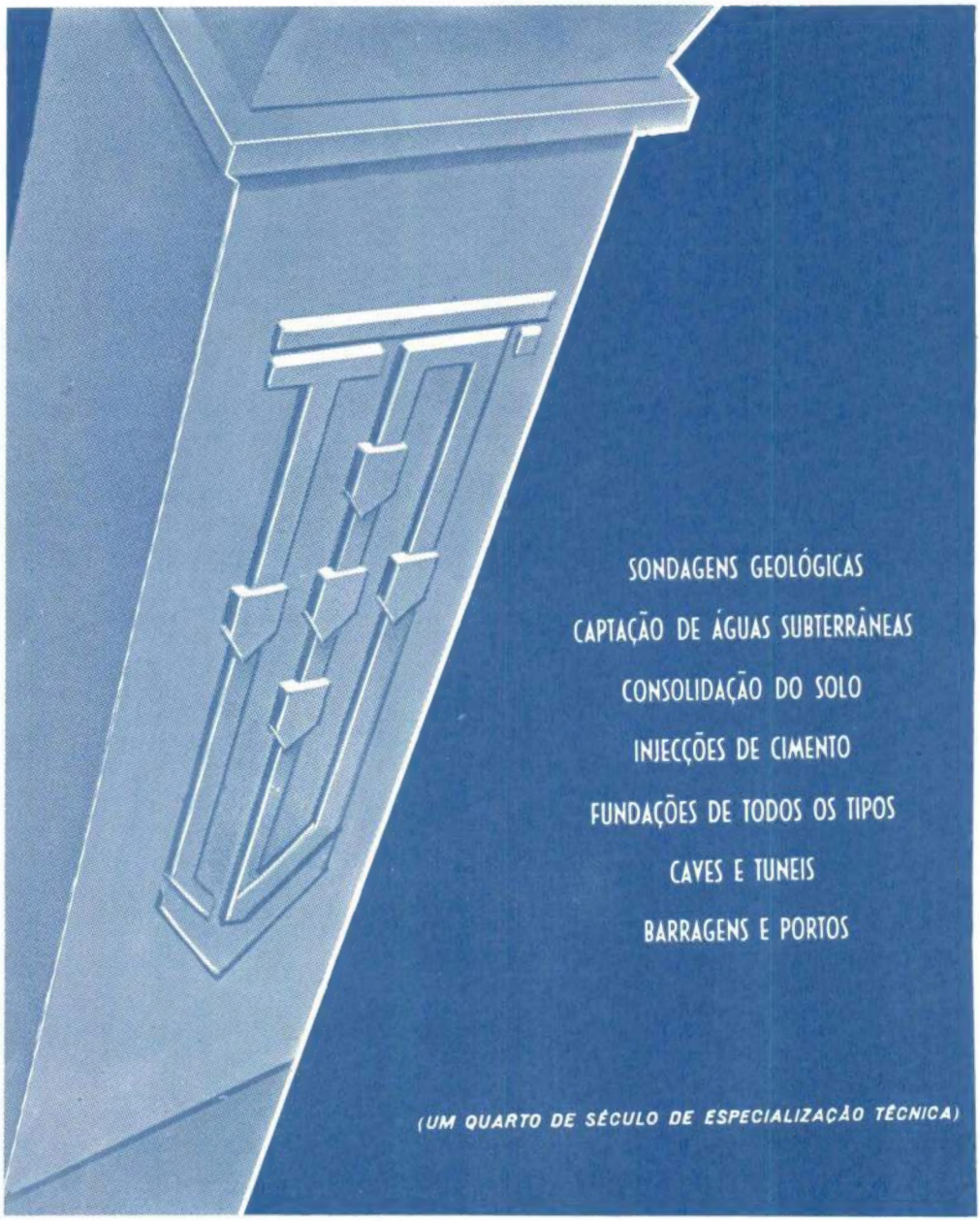
Algo más sobre buques de hormigón armado. Antecedentes, contexto y «futurición» — *J. Capmany Arbat*
Cemento hormigón, 6-1971, N.° 447, pág. 469-495.

# Empresa de Sondagens e Fundações

# TEIXEIRA DUARTE, L.DA

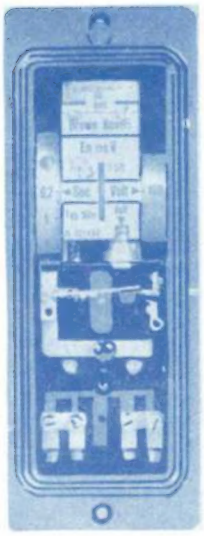
AV. DA REPÚBLICA, 42, 8.º
TELEFS. 77 70 86/7 e 77 12 65

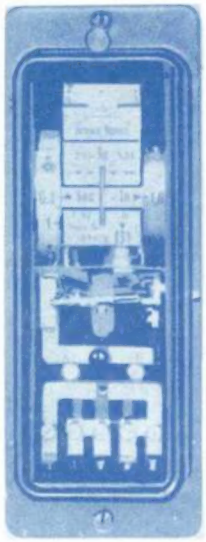
# LISBOA



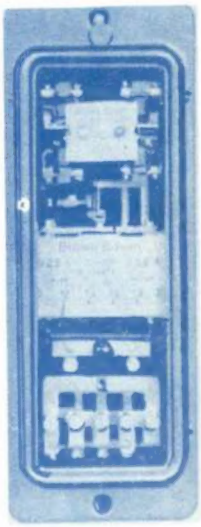
# Protegei as vossas máquinas, aparelhos, e instalações, dos perigos externos e internos utilizando relés

## BROWN BOVERI


Sobretensão


Sobrecarga curto-circuito

Sobrecarga térmico


Sobrecarga instantâneo

Frequência

Cargas assimétricas

Diferencial

Terra

Os nossos Serviços Técnicos podem auxiliar a resolver os vossos problemas sobre protecções.